

Alacsonyfrekvenciás RFID alkalmazások az autópárhban

CSURGAI PÉTER

EPCOS Elektronikai Alkatrész Kft., Szombathely
csurgaip@freemail.hu

Kulcsszavak: RFID-rendszerek, LF RFID, terhelésmoduláció, autópárh, PEPS, TPMS

A cikk az RFID rendszerek csoportosítása mellett részletezi az LF RFID rendszerek felépítését, működését, azok fizikai hátterét. Megismerteti az LF RFID rendszerek egyszerűsített helyettesítő áramköri kapcsolásával és a terhelésmodulációval. Az elméleti áttekintésen kívül példákat is felsorakoztat az autópárhban használt RFID alkalmazásokra.

1. Bevezetés

Napjainkban a mindennapi élet egyre több területére lopja be magát a vezeték nélküli kommunikáció, és ennek a trendnek az erősödése várható a jövőre nézve is. Elég csak arra gondolni, hogy a közelmúlt fő fejlesztési iránya a digitális jelfeldolgozás és irányítás volt, és manapság már nemigen tudunk venni olyan háztartási gépet vagy elektronikai cikket, amit ne gombnyomással kellene működtetni vagy beállítani. A múlt tapasztalata és a bennünk újonnan kialakult elvárások és igények alapján előre vetíthető, hogy a fejlesztések egy része a jövőben a vezeték nélküli kommunikációra és a vezeték nélküli adatátvitelre fog fókuszálódni. Ennek ékes példája és bizonyítéka az autópárh, hiszen az ipar és a fejlesztések ezen területén is egyre szélesebb körben terjed a vezeték nélküli adatátvitel. Már jelenleg is több olyan egysége létezik az autópárhban, aminek központi eleme a vezeték nélküli kommunikáció.

A cikk ezen egységek működésének hátterét és alapelvét segít megérteni és pár példával bemutatja a gyakorlati megvalósításait. Az ezt követő szakaszban az RFID rendszerekről és csoportosításukról esik szó. A 3. szakaszban speciálisan az alacsonyfrekvenciás RFID rendszerek működésébe és felépítésébe pillanthatunk

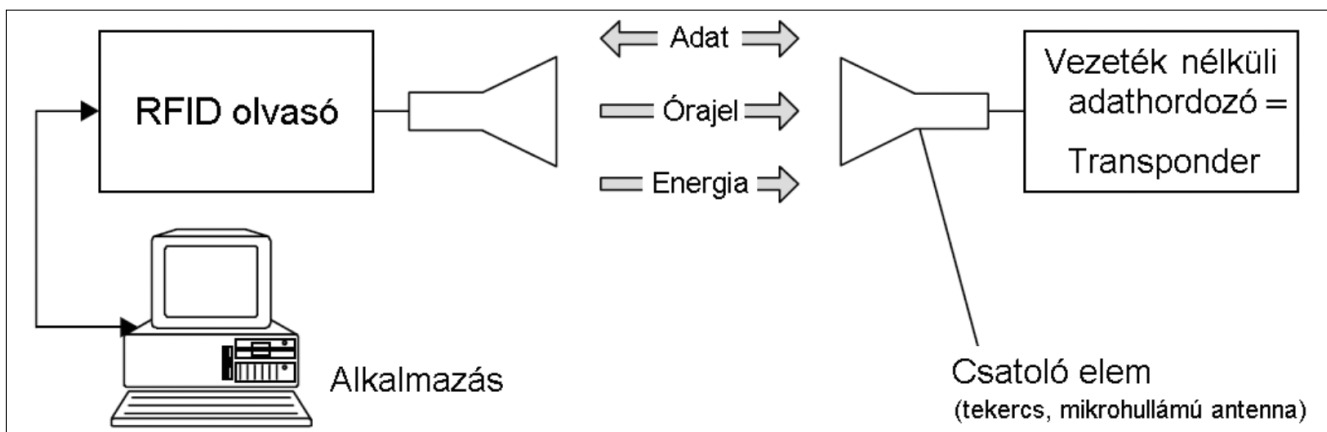
be a kommunikáció megvalósítása szempontjából. A 4. szakasz pedig konkrét példákat hoz az autópárhban alkalmazott RFID rendszerekre.

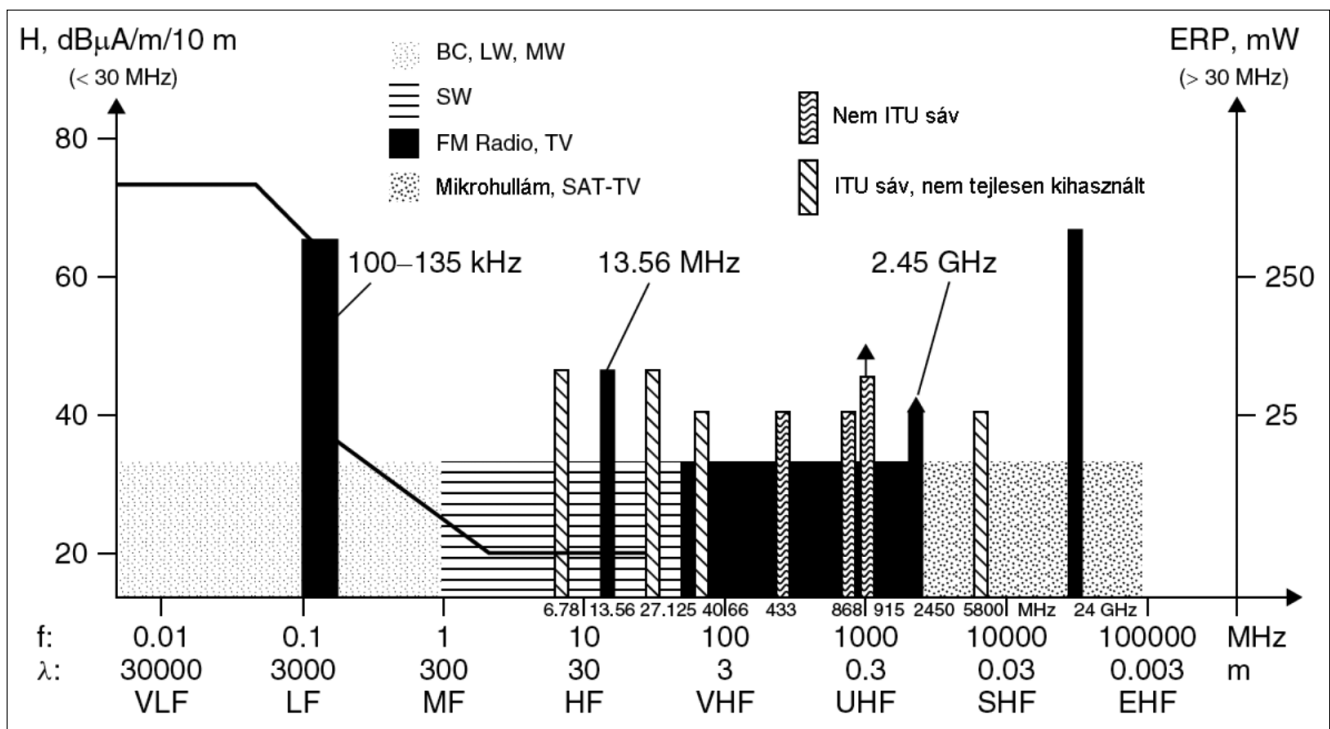
2. RFID rendszerek és felosztásuk

A rövidtávú vezeték nélküli kommunikáció legelterjedtebb megvalósításai az RFID rendszerek (*Radio Frequency Identification* – rádiófrekvenciás azonosítás). Ha azonosításról illetve adatátvitelről beszélünk, mindenképpen kell, hogy rendelkezzen a rendszer egy azonosító vagy adó, illetve egy azonosítandó vagy vevő egységgel. Ezek alapján az RFID rendszer három elengedhetetlen alapeleme az olvasó tegercs (*Reader*), az azonosítandó tárgy (*Transponder Tag*) és az ezek kommunikációját összehangoló, és a küldött és fogadott jeleket feldolgozó mikrovezérlő vagy számítógép (1. ábra).

Az RFID alkalmazásokat – különféle tulajdonságaik alapján – több csoportba lehet sorolni, így a rendszereket csoportosíthatjuk és vizsgálhatjuk a működési frekvencia, működési elv, továbbított információ mennyisége és fajtája alapján. Frekvencia szerinti felosztását figyelhetjük meg a 2. ábrán, ahol a különböző diszkrét számértékekkel jelölt frekvenciasávok állnak rendelkezésre.

1. ábra Az RFID rendszer fő részei





2. ábra RFID rendszerek számára hozzáférhető frekvenciasávok

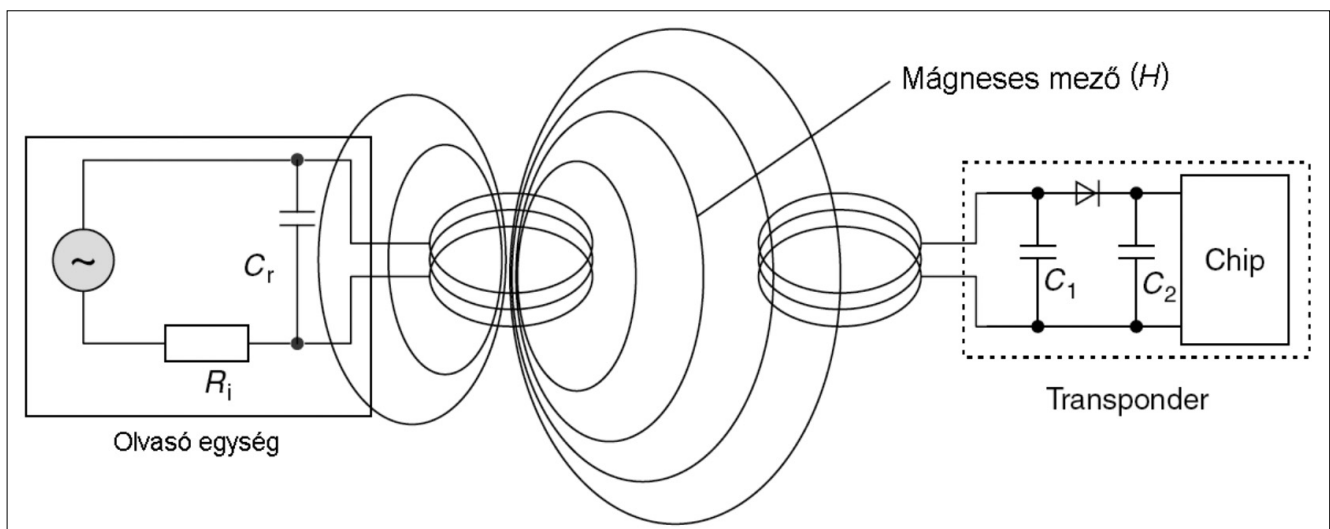
kezésre az RFID rendszerek számára. Ezek alapján a rendszerek működési frekvenciájuktól függően besorolhatók alacsonyfrekvenciás (LF), nagyfrekvenciás (HF) és mikrohullámú (UHF) kategóriákba.

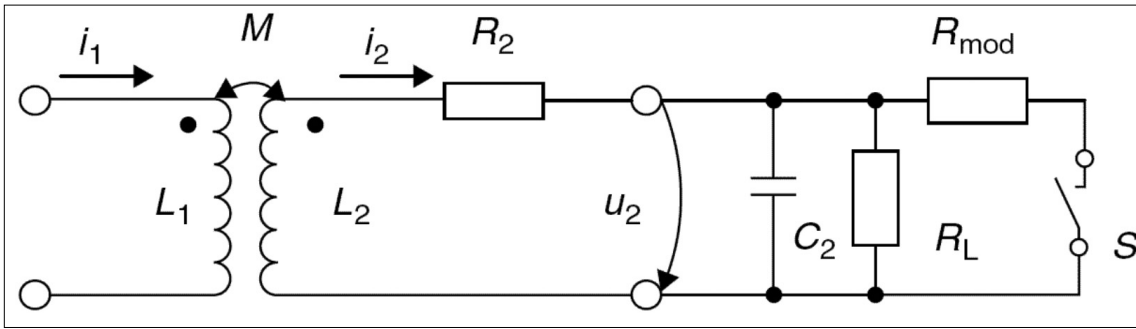
A működési frekvencia egyúttal a rendszer működési elvét is meghatározza. Alacsony frekvenciás rendszereknél induktívan csatolt rendszerekről beszélhetünk, ahol az információ átadása egy lazán csatolt transzformátoron keresztül – amelyet az Olvasó és a Transponder tekercsek együttesen alkotnak – történik. A frekvencia növekedésével a működési elv is átvált induktív csatolásról elektromágneses (*backscattered*) csatolásra, ahol az Olvasó és a Transponder tekercs elektromágneses hullámok segítségével kommunikál. Általánosan elmondható, hogy a frekvencia növekedésével kitolódik

az a távolság, amin belül a vezeték nélküli kommunikáció megvalósítható. Persze ez csak akadálymentes terekre igaz, mert a frekvencia növekedésével az elektromágneses hullámok könnyebben nyelődnek el víz, fém stb. tartalmazó közegben.

A rendszereket a hordozott információ alapján is csoportosíthatjuk. Eszerint megkülönböztetünk 1 bit információt továbbító rendszereket, illetve nagyobb mennyiségű adatot továbbítani képes rendszereket. Az 1 bit átviteliére alkalmas rendszerek többségében EAS (*Electronic Article Surveillance*), azaz elektromos árucikk-megfigyelő rendszerek. Ezek tipikusan azok a rendszerek, melyeket szinte minden bolt vagy áruház bejáratánál láthatunk. Az Olvasó egység ilyenkor tulajdonképpen csak a Transponder jelenlétét detektálja. A nagyobb mennyiségű in-

3. ábra Induktívan csatolt RFID rendszer





4. ábra
RFID rendszer
egyszerűsített
helyettesítő
kapcsolása

formációt továbbító rendszerek igen változatosak és felhasználásuk sokrétűsége miatt csoportosításuk is szeréagazó.

3. Alacsonyfrekvenciás RFID rendszerek felépítése és működése

Az autópárhazban a vezeték nélküli adatátvitel kivétel nélkül olyan típusú, ahol nagyobb mennyiségű információt kell eljuttatni a vevőtől az olvasóig. Ez megfelelő biztonsággal kell, hogy történjék, tehát az adatátvitelnek viszonylag zavartűrőnek kell lennie. Ez egyrésztől kijelöli az induktív csatolást, mint működési elvet, másrésztől az is döntő érv az alacsonyfrekvenciás induktív csatolás mellett, hogy az alkalmazás energiaellátása megoldható az Olvasó tekercs által létrehozott mágneses tér segítségével.

Az alacsonyfrekvenciás RFID rendszerek működési alapelve az, hogy az Olvasó és a Transponder tekercset a közös mágneses fluxus csatolásba hozza. Az Olvasó tekercs által létrehozott mágneses fluxus (mágneses tér erősségének mértéke) egy része átfolyik a Transponder tekercs belső keresztmetszetén, így az Olvasó által létrehozott mágneses tér megváltoztatható a Transponder tekercs segítségével, ezáltal biztosítva az adatátvitelt az Olvasó és a Transponder tekercs között. Az alkalmazott frekvencia 125 kHz...134,2 kHz közötti.

A 3. ábrán szemléltetett egyszerűsített működési vázlatról jól látható, hogy az Olvasó egységet a Transponder egységgel az induktívan csatolt két tekercs kapcsolja össze. A működésből adódóan a távolság a két egység között akár több méter is lehet, ami a csatolási tényezőt nagyon lerontja. A csatolási tényező azt mutatja meg, hogy a két tekercsben a kölcsönös indukció milyen mértékű. Nyilvánvaló, hogy a magasabb értékű csatolási tényező jobb adatátvitelt, kontrasztosabb jelet eredményez, így törekedni kell a minél magasabb értékű csatolási tényezőre. A tekercsek közötti nagy távolság miatt lecsökkent csatolási tényező a rezonancia jelenségével javítható. Ha a két tekercset (Olvasó és Transponder) párhuzamos hangolókonduktátorokkal kihangoljuk a megfelelő frekvenciára, az energiaátvitel és ezáltal a működés javítható.

Az Olvasó egységben megjelenő hasznos jel tulajdonképpen egy amplitúdómodulált (AM) jel, melynek előállítását az angol szakirodalom terhelésmodulációnak (*Load Modulation*) nevez. Pontosan azért terhelésmodu-

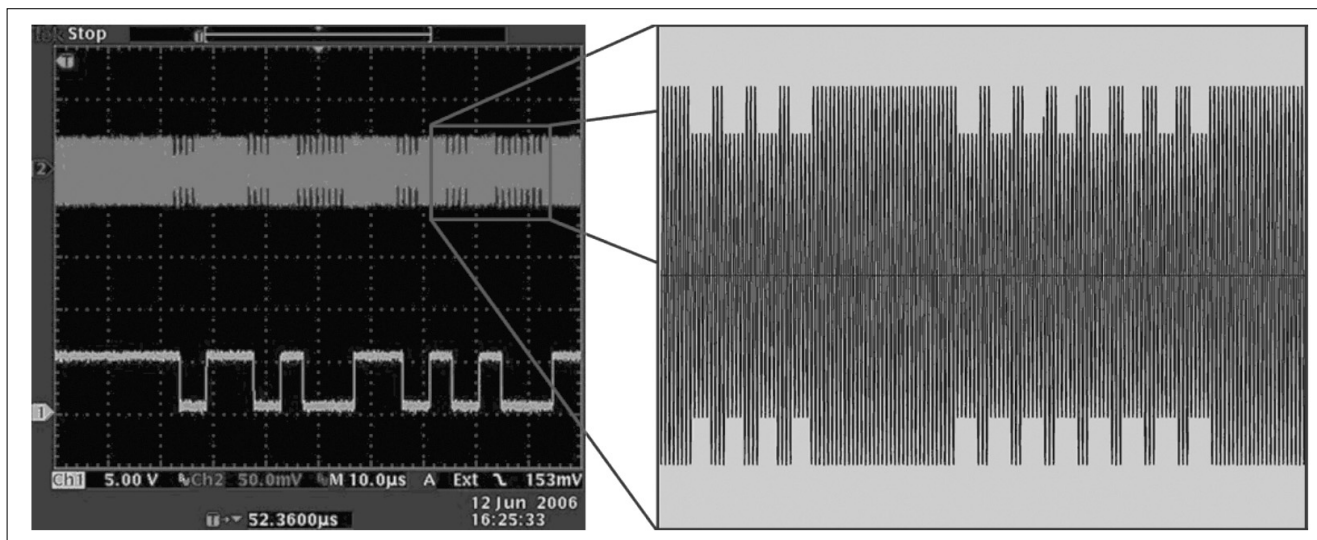
láció, mert a primer oldali (Olvasó tekercs) feszültségésést detektáljuk, amit a szekunder oldalon (Transponder tekercs) beiktatott moduláló impedanciával (terheléssel) hozunk létre. A soros rezgőkörbe iktatott ellenállás lerontja a kör jósági tényezőjét, ezzel növelve a rezgőkör veszteségeit és csökkentve az átfolyó áramot. A lecsökkent szekunder oldali áram megjelenik a primer oldalon is, méghozzá úgy, hogy a primer tekercs feszültsége nem, vagy csak nagyon kis mértékben csökken ahhoz az állapothoz képest, amikor a Transponder tekercs nincs detektálható közelségben.

Abban az esetben viszont, amikor a moduláló ellenállás nincs a körbe iktatva, a szekunder oldali soros rezgőkör jósági tényezője viszonylag magas értéken marad, így a tekercsen átfolyó áram viszonylag nagy (a soros rezonancia miatt). Ez az átfolyó nagy áram feszültséget indukál a primer tekercsben, méghozzá ellentétes polaritással, ami a primer tekercs feszültségcsökkenését eredményezi. Ezt a feszültségésést detektálva és demodulálva kapjuk vissza azt a hasznos jelsorozatot, amit a Transponder küldeni kívánt.

Összefoglalva, az Olvasó tekercs gerjesztése egy szinuszosan váltakozó 125 kHz-es jel, amiben feszültségésést akkor tapasztalunk, ha a Transponder tekercs az Olvasó tekercs közelében helyezkedik el és a Transponder rezgőkör jósági tényezője a standard magas szinten van, tehát nincs semmilyen terhelés a soros rezgőkörbe kapcsolva. A fentiek alapján láthatjuk, hogy a csatolási tényező mekkora hatással van a jel detektálhatóságára, hiszen a szorosabban csatolt tekercseknél a szekunder oldal két állapota (terheletlen és terhelt) sokkal jobban elválik, míg lazábban csatolt tekercseknél összemósodik.

A 4. ábra az RFID rendszer működését és felépítését, mint egy transzformátor – csatolt tekercspár – szemlélteti. Természetesen a kapcsolás egy egyszerűsített modell, ami sok elhanyagolással él, így csak a terhelésmodulációt, mint működést mutatja be. Az ábrán látható alkatrészek a következők: L_1 – Olvasó tekercs, L_2 – Transponder tekercs, C_2 – hangolókonduktátor, R_{mod} – moduláló ellenállás, S – kapcsolóelem. Az S kapcsoló állapotának megváltoztatásával kapcsoljuk ki, illetve be a körbe a moduláló ellenállást, aminek hatása az 5. ábrán látható oszcilloszkópképen figyelhető meg. Az oszcilloszkóp képernyőjének felső részén az AM jel látható, alsó részén pedig a demodulált hasznos jelsorozat.

Az alacsonyfrekvenciás induktív csatolás, mint működési elv, alkalmassá teszi a rendszert az úgynevezett



5. ábra RFID rendszer AM jele és demodulált hasznos jelsorozata

passzív működési módra. Ez annyit tesz, hogy külső energiaforrás nélkül is képes üzemelni a rendszer. Az energiát az Olvasó tekercs által gerjesztett mágneses térből nyeri, így a passzív rendszerű RFID alkalmazások élettartama igen magas. A passzív mód – az energiaellátás mellett – azt is biztosítja, hogy a kommunikáció vagy azonosítás létrejöhet emberi beavatkozás nélkül is. A Transponder, amint az Olvasó tekercs hatókörébe ér a működéséhez szükséges energia felvétele után az azonosítást azonnal megkezdi. Vannak olyan alkalmazások, melyeknél ez a funkció elengedhetetlen. Ilyenek például az indításgátló rendszerek.

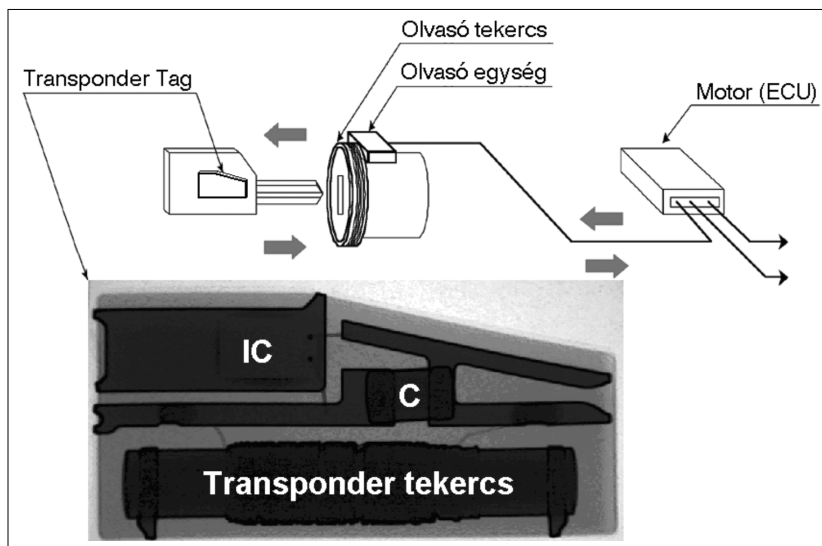
4. RFID rendszerek az autópárbán

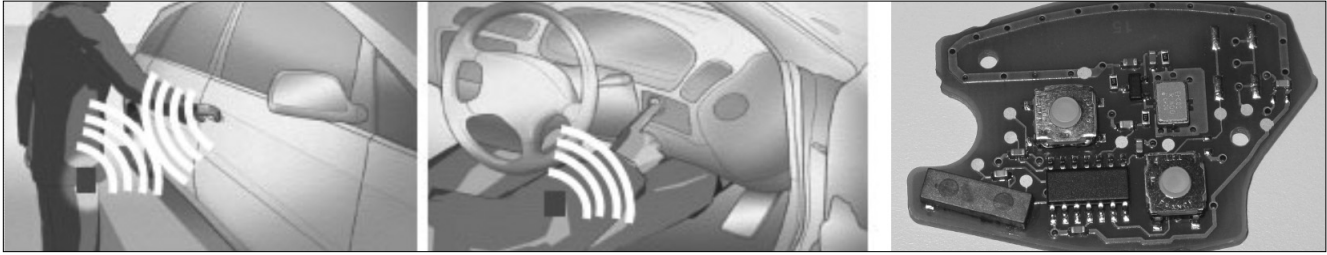
A fent bemutatott működési elvet használják fel az autópárbán alkalmazott RFID rendszerek is. Ilyen alkalmazások többek között a KES (*Keyless Entry System*), PEPS (*Passive Entry Passive Start*), Indításgátló, TPMS (*Tire Pressure Monitoring System*) rendszerek. Időrendben haladva legelőször az indításgátlók (immobiliserek) terjedtek el az RFID alkalmazások közül. Ezek passzív elven működő rendszerek, amelyek a működéshez szükséges energiát teljes egészében a mágneses térből nyerik és működésüket nem a felhasználó aktiválja, hanem az Olvasó egység közelsége indítja el a kommunikációt és az azonosítás folyamatát. Az Olvasó tekercs általában a kormányoszlop közelében a kulcslyuk körül helyezkedik el, biztosítva a megfelelően kis távolságot az Olvasó és a Transponder tekercs között (6. ábra). A kulcs azonosítása után a motorvezérlő elektronika fenntartja a motor működését, azonban sikertelen azonosítás esetén az üzemanyag befecskendező leáll, ami megállítja a motor működését.

Az indításgátlók továbbfejlesztése tette lehetővé a KES és PEPS rendszereket. E két fajta rendszer funkciójában nagyon hasonlít egymáshoz. Mindkettő alkalmazás elsődleges funkciója az autó ajtóinak nyitása, ha megfelelő távolságon belül található az autó kulcsa. Nyilvánvaló, hogy a rendszerek elsődleges funkciója a kényelem, azaz hogy az autóba történő beszállás során ne kelljen az autókulccsal bajlódni. A rendszernek azonban biztonságosnak is kell lennie, hiszen csak egy biztonságos távolságon belül szabad oldania a zárnak, illetve egy kritikus távolságot átlépve az ajtóknak újra be kell zárniuk. Ebből a szempontból az alacsonyfrekvenciás induktív csatolás tökéletes megoldásnak tűnik, hiszen a rendszer hatótávolsága csupán pár méter, ami biztonságos használatot biztosít.

A PEPS rendszerek annyival nyújtanak többet a KES rendszereknél, hogy az autó belső terébe érve egyben oldják az indításgátlót is, ami által – megfelelő kiegészítő elemek megléte esetén – a motor akár egy gomb-

6. ábra Indításgátló rendszer vázlatja és röntgenfelvétel a Transponder Tag-ről





7. ábra KES és PEPS alkalmazás használat közben és az autókulcs panelja

nyomással indítható (7. ábra). Jellemzően ezek a PEPS rendszerrel felszerelt kulcsok lapos kártyaszerű kulcsok, amiknek nincs is klasszikus fém tolluk.

Az autópárhban alkalmazott RFID rendszerek harmadik példája a keréknyomást ellenőrző rendszer, angol rövidítéssel TPMS (8. ábra). Az alkalmazás elsődleges feladata a gumiabroncsok hőmérsékletének és nyomásának folyamatos mérése és felügyelése. A nyomás méréséhez nyilvánvaló, hogy a szenoregységet a gumiabroncs belsejében kell elhelyezni, ami lehetetlenné teszi a hagyományos, buszvezetékeken keresztüli adatátvitelt. Az egyetlen megoldásnak a vezeték nélküli adatátvitel kínálkozik. Mivel a TPMS rendszer biztonsági eszköz, felépítése és működése is sokkal bonyolultabb, mint az előzőekben felsorolt alkalmazások. Elég csak azt említeni, hogy a kommunikáció során az Olvasó és a keréknyomás-szenzor egység két különböző módon kommunikál. Az első fajta a már említett alacsonyfrekvenciás induktív csatolású módszer, ami tulajdonképpen csak aktiválja a rendszert (felébreszti az energiatakarékos üzemmódból), míg a tényleges mért adatok elküldése egy nagyfrekvenciás jellel történik (általában 433 MHz-es sávban). Nyilvánvaló, hogy a rendszer bonyolultsága lehetetlenné teszi a külső energiaforrás nélküli felépítést, ezért az ilyen típusú alkalmazások mind belső energiaforrásról üzemelnek.

Jelenleg a TPMS rendszerek még csak a felsőközép-, illetve prémiumkategóriás autókban jelennek meg, viszont Európai Unió előírás szerint 2012-től minden újonnan forgalomba hozott autónak alapfelszereltsége kell, hogy legyen.

8. ábra TPMS alkalmazás



5. Összefoglalás

A felsorolt példákon keresztül láthattuk, hogy az autópárh is előszeretettel használja az RFID és a vezeték nélküli kommunikáció nyújtotta előnyöket. Az autópárhban helyet kap nem csak kényelmi, hanem biztonsági funkciókat ellátó rendszerekben is, ami a technológia megbízhatóságát igazolja. Az autók moduláris felépítése által okozott huzalozási problémákra jelenleg még tökéletes megoldást nyújtanak a modern buszrendszerek (CAN, FlexRay, VAN, MOST), ám elképzelhető az is, hogy a jövőben a különböző egységek egymással vezeték nélküli adatátvitellel fognak kommunikálni úgy, mint a TPMS rendszer.

A szerzőről



CSURGAI PÉTER villamosmérnöki tanulmányait a Széchenyi István Egyetemen végezte, ahol 2009-ben szerzett mechatronika szakon MSc fokozatot. Jelenlegi munkahelye a szombathelyi EPCOS Elektronikai Alkatrész Kft. 2008-ban hosszabb szakmai tanulmányúton volt Németországban. Elnyerte a Magyar Kereskedelmi és Iparkamara 2008. évi Innovációs Díját. 2009-től a Széchenyi István Egyetem multidiszciplináris doktori iskolájának PhD hallgatója.

Irodalom

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook. Carl Hanser Verlag, Munich/FRG, 1999.
- [2] Csurgai Péter, EPCOS Transponder tekercs érzékenységeinek vizsgálata és javítási lehetőségei. diplomamunka, Győr, 2009.
- [3] Syed Ahson, Mohammad Ilyas, RFID Handbook: Applications, Technology, Security and Privacy. CRC press, 2008.