

## A project címe: Környezetbarát tömegközlekedés gazdaságosan

### A célkitűzés, a megoldandó probléma:

A szabadpályás tömegközlekedés villamosításának megoldása gazdaságos, és a közeli jövőben alkalmazható technológiával, figyelembe véve a közlekedési vállalatok által támasztott folyamatos üzemeltethetőség feltételét. Az energiaellátó rendszer és a jármű kifejlesztése, méretezése. Ezzel csökkentve a városok levegő- és hangszennyezését, valamint megóvva a műemlékeket és a városképet.

### A megoldás fajtája (aláhúzendó)

Termék (berendezés) – Eljárás – Termék (berendezés) és eljárás

### A megoldás definiálása

A villamos meghajtású jármű úgy válik folyamatosan üzemeltethetővé amellet, hogy mégis szabadpályás marad, hogy az energiaellátása szakaszokra van osztva. Az energiatároló töltésére azt a holtidőt használja ki, ami az utasok le- és felszállásából adódik. A megoldás lényeges eleme az energiatároló, mely képes ezt az üzemet megvalósítani, továbbá ezen speciális alkalmazáshoz fejlesztett költség- és energiatakarékos főáramköri elektronika kapcsolása, valamint a töltőrendszerhez való kapcsolódás.

### A megoldás iparjogvédelme (aláhúzendó)

Bejelentett találmány, használati vagy ipari minta, növényfajta, időpont: 2005.03.16

### A feltaláló, az alkotó neve:

**Szentmiklóssy Balázs**



### A feltaláló, az alkotó bemutatkozása:

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karának V. éves villamosmérnök szakos hallgatója vagyok. Ugyanitt „Zöld diplomát” szereztem a Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Környezetgazdaságtan – környezetmenedzsment kurzusát elvégezve. Jelenleg a diplomamunkámat védem, melynek témája megegyezik a pályázatban leírtakkal, illetve felvételizem a BME villamosmérnöki tudományok doktori iskolájára (a választott doktori téma: Villamos hajtású, környezetbarát tömegközlekedés korszerű, gazdaságos megoldása).

**A jogosult neve:** azonos a feltalálóval

**Szentmiklóssy Balázs**

**A jogosult bemutatkozása:** azonos a feltalálóval

**A megoldás környezetvédelmi besorolása** (aláhúzendő)

Mérés, értékelés – Tisztítás – Ártalmatlanítás – Újrahasznosítás – Ártalom csökkentése – Káros hatás kivédése – Természeti erőforrás kímélése – Egyéb:

**A megoldás megvalósításának foka** (aláhúzendő)

Még nincs megvalósítás – Terv – Modell – Kísérletezés – Prototípus – Termék – Működő eljárás

**Az innovációs folyamat:**

Tanulmányaim során ismerkedtem meg, és kezdtem el foglalkozni a villamos meghajtású járművekkel. Megismertem ezen járművek előnyeit, hátrányait és a különféle problémáikat. A legnagyobb problémát az energiaellátásban, illetve az energiatárolásában láttam. Egy újfajta energiatároló elem – az ultrakapacitás – megismerése és fejlesztésének iránya vezetett a felismeréshez, hogy ezt az elemet ideálisan tudnám alkalmazni tömegközlekedésben használt járművekben, mivel ezen speciális alkalmazásban ki tudom küszöbölni az újfajta energiatároló legnagyobb hátrányát –, adott esetben az energiatároló-képességét –, míg előnyei megoldást jelentenek a jelenlegi alkalmazások legtöbb problémájára. Az elméleti modell megalkotását követően előzetes becslő számításokat végeztem a technikai, valamint gazdaságossági megvalósíthatóság tekintetében. Miután az eredmények pozitív visszajelzést adtak, nekiláttam a jármű és a kiszolgálórendszer részletes kidolgozásának. Pontos számításokat végeztem, melyek nagy részét mérésekkel is igazoltam. A méréseket a Ganz Transelektro Közlekedési Rt. által gyártott járműveken végeztem a Budapesti Közlekedési Vállalatnál. Az eredmények alapján megalkottam egy jármű prototípusának műszaki leírását, mely tartalmazza a jármű részegységeinek adatait, a rendszer működésének részletes leírását, valamint azt a kapcsolási, illetve működtetési elrendezést, melyet ennek az új járműnek a működtetéséhez terveztem.

**Alkalmazási terület** (aláhúzendő)

Általános – Ipar – Mezőgazdaság – Vízgazdálkodás – Építés – Energia – Közlekedés – Hírközlés – Kereskedelem – Háztartás – Oktatás – Szórakozás – Egészségügy – Egyéb:

## **Bemutató**

### **Előzmények**

Az utcai tömegközlekedés esztétikai és egészségügyi szempontból is környezetbarát megoldására már többfajta járművet terveztek. Néhány alkalmazott jármű ezek közül: trolis, akkumulátoros busz, hibrid busz és ezek speciális kombinációi.

Ám ezek mindegyikében találunk néhány alapvető problémát, ha a következő fő szempontokat/igényeket vesszük figyelembe:

- 0 káros anyag kibocsátás (gond a hibridnél)
- környezetre gyakorolt másodlagos hatások (gond az akkumulátoros busznál)
- esztétikai környezet és műemlékvédelem (gond a trolinál)
- folyamatos üzemeltethetőség (gond az akkumulátoros busznál)

A hibrid buszok alkalmazása nem (vagy csak részben) alkalmazható azokon a helyeken, ahol nulla az előírás a káros anyag kibocsátásra. Ezt az előírást a trolis teljesíteni tudja, viszont ebben az esetben az esztétikai és műemlékvédelmi kritériumok okoznak jelentős problémát, hiszen a trolis felső-vezetékek kiépítését igényli, ami ütközik ezen igények teljesítésével. További hátránya még ennek a megoldásnak, hogy a rendszer kiépítése nagy beruházást jelent. Így jutunk el az előző két feltételt immár teljesíteni tudó akkumulátoros buszhoz. Ezen megoldás fő problémáját az akkumulátorok lassú tölthetőségében, élettartamuk rövidegében és élelciklusuk lejárt utáni környezetre való veszélyességében látom, továbbá felhasználói, illetve gyakorlati szempontból mindezek jelentős anyagi vonzatában.

Az úgynevezett üzemanyagcellás (fuel-cell) busz, bár sok szempontból jelentős előrelépést jelent, technikai fejlettsége és gazdasági elérhetősége miatt jelenleg nem jelent még reális megoldást.

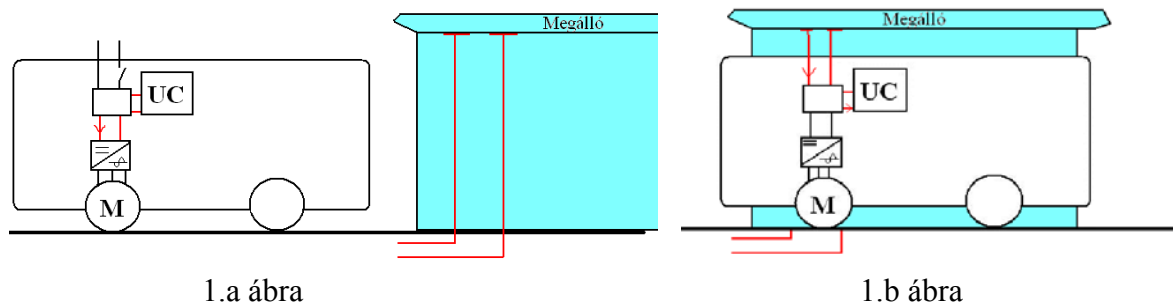
Természetesen további szempontokat is figyelembe vettem a tervezés során, ezek csupán a problémák szemléltetését szolgálják.

Mindezeket alapul véve fő célom egy gyorsan feltölthető, hosszabb élettartamú energiatárolóval felszerelt jármű és a hozzá tartozó töltőrendszer konstrukciójának létrehozása volt.

## **A rendszer működése**

Mint azt az innovációs folyamat bemutatása során már említettem, a fő problémát a villamos energia tárolásának megoldása jelenti. Az általam tervezett járműben az úgynevezett ultrakapacitásokat alkalmazom energiatárolóként. Az ultrakapacitások elektrokémiai energiatárolók. Azonos térfogatban sokkal több energia tárolására képesek, mint a hagyományos kondenzátorok. Az akkumulátorokhoz képest sokkal gyorsabban tudják leadni és felvenni ezt az energiát, és az ultrakapacitásokat az utóbbi években jelentősen fejlesztették a hibrid és a tüzelőanyag-cellás járművekhez. Ezekben a járművekben viszont csak az átmeneti energiatároló szerepét tölti be, ugyanis az akkumulátorhoz és a tüzelőanyag-cellához képest nagy a teljesítménysűrűsége, de kicsi az energiatároló képessége. Az ötletem újdonsága – és talán merészsége – abban rejlik, hogy elsődleges energiatárolóként alkalmazom az ultrakapacitást. Az alacsony energiatároló-képességet és ezáltal rövid hatótávolságot úgy küszöbölem ki, hogy rövid üzemi szakaszokra és gyors töltésekre osztom. Mivel a tömegközlekedésben gyakran áll a jármű, így kézenfekvő volt az ötlet, hogy a megállóban töltsen fel az energiatárolókat. Ezáltal a következő ciklus alakul ki:

A jármű feltöltött állapotból indul. A gyorsításhoz és a sebesség tartásához szükséges energiát az ultrakapacitásokból felépített energiatároló fedezi. Fékezéskor a visszatáplált energiát felveszi, majd a megállóban az utasok le- és felszállásának ideje alatt a hálózatról nagy teljesítménnyel „ultra gyors” töltéssel továbbtölti az energiatárolóként használt ultrakapacitásokat. Az utasok le- és felszállásának befejeztével automatikusan lekapcsolódik a megállóban kialakított töltőállomásról és folytatja útját a következő egy, esetleg több megállón át a következő töltővel ellátott állomásig, ahol ismét feltöltheti az ultrakapacitás telepeit olyan rövid idő alatt, amíg az utasok cseréje lebonyolódik (10-20s). Így a rendszer képes folyamatos villamos üzemet biztosítani a jármű számára felső-vezeték kialakítása nélkül. Igaz ugyan, hogy a töltőállomásként használt megállókban ki kell építeni a töltéshez szükséges hálózatot, de ha figyelembe vesszük, hogy nagyvárosainkban sokhelyütt felső-vezeték ugyan nincs kiépítve, de a közlekedésre használt energiaellátó-rendszer rendelkezésre áll, akkor a beruházási és tervezési költségek drasztikusan csökkenthetők.



1.a ábra

1.b ábra

A rendszer működési sémája:

1.a, menet üzem 1.b, töltés és az utasok cseréje

### Megállóban történő töltés

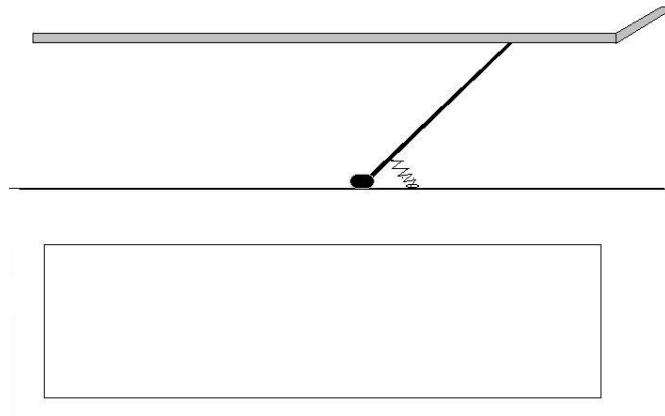
A megállóban való töltés megoldásánál igen lényeges szempont, hogy a fel- illetve lecsatlakozás időkritikus – ellentétben egy trolival –, ezért egy teljesen automatikus, gyors csatlakozási lehetőség kialakítását kellett megoldani. A kialakítás megtervezésekor a további fő szempontokat a gazdaságosság és az életvédelem jelentették.

A töltési alapelveket megvizsgálva, a nagy teljesítmények miatt – a veszteség szempontjából – a legoptimálisabbnak a közvetlen kontaktust találtam. Ennek megvalósítását a következőképpen képzelem el.

Az ötletet a vidámparkokból és vásárokból jól ismert dodzsem adta. A buszmegálló úgy van kialakítva, hogy a megálló öböl fölé nyúlik egy „tető”, erre a tetőre vannak felrögzítve a hálózatra kötött töltő kontaktusai. Ehhez a nagyfelületű kontaktushoz csatlakozik a busz áramszedője a megállás közben. A csatlakozásra kétféle eljárást dolgoztam ki. Az első egyszerűbb, de mechanikai megfontolásokat, esetleg tesztek igényel. Lényege, hogy az áramszedők magassága feljebb nyúlik a megállóban lévő kontaktusoknál. Az áramszedőket a tető elején elhelyezett ívelt vezető szorítja a kontaktusok alá. A szorítást és az elmozdulás lehetőségét egyszerű rugók biztosítják az áramszedők számára. Induláskor a töltő elektronikája lekapcsol, így az áramszedő szikra és ívhúzás nélkül le tud csúszni a kontaktusokról. Ez a megoldás egyszerű és nem igényel semmiféle elektronikát vagy bonyolult mechanikát a csatlakozáshoz.

A másik megoldás az lehet, hogy az áramszedők alacsonyan vannak és a megállást követően elektronikusan, hidraulikusan vagy pneumatikusan emelkednek ki, és szorulnak a kontaktusokhoz. Majd a töltés befejeztével az indulás előtt visszahúzódnak. Ez a megoldás mechanikailag ugyan nincs annyira megterhelve, viszont plusz emelőrendszer kialakítását igényli.

Az áramszedők mindkét esetben rövidebbek lehetnek, mint egy hagyományos trolinál, és csak függőleges irányba szükséges elmozdulniuk a kontaktust biztosításához.



9. ábra  
A töltőkontaktushoz való kapcsolódás

Megjegyzendő, hogy akár egy hagyományos trolibusz áramszedőjével is felszerelhető a jármű – természetesen ekkor ennek megfelelően kell kialakítani a töltőrendszert és a kapcsolódás gyors megoldását –, és így kombinált üzem is megvalósítható.

### ***Kiegészítés: Hosszabb szakasz töltés nélküli megoldása***

Ha valamilyen speciális ok miatt nem alakítható ki töltőrendszerrel ellátott megálló egy hosszabb távon, akkor nagyobb energiatárolót kell méretezni. Ez viszont már igen nagy plusz tömeg szállításával járna, hiszen az ultrakapacitások hátránya a relatív kis fajlagos energiatároló képesség. Akkumulátorok alkalmazásakor viszont ismét a hosszabb töltési idő szükségessége jelent problémát. Ezek kiküszöbölésére a következőket képzelem el. Mivel a nagy teljesítményektől az ultrakapacitás megvédi az akkumulátort, ezért kis fajlagos teljesítményű elemekben igen nagy fajlagos energiatároló képességű akkumulátorral kombinálnám az ultrakapacitás telepet. Ilyen kombinált megoldás alkalmazásával már kísérleteznek, hogy megvédjék az akkumulátort a nagy igénybevétel miatti gyors öregedéstől. Új megoldást jelenthet a töltési eljárás. Az akkumulátort a töltő nélküli szakasz előtt kell feltölteni. Ezt úgy tehetjük meg anélkül, hogy nagy teljesítményt alkalmaznánk, hogy nem csak a megállóban töltjük az ultrakapacitással együtt, hanem menet közben a kondenzátortelep energiájának egy részét is áttöltjük az akkumulátorba. Ilyenkor természetesen a hosszabb szakaszt megelőző megállóban történő töltés során az

ultrakapacitást is nagyobb energiával kell ellátni, mint a következő megálló eléréséhez szükséges energia.

A hosszú szakasz során az akkumulátorból folyamatosan kell kivenni az energiát, hogy a későbbi gyorsításkor szükséges teljesítményt az ultrakapacitással együtt tudja nyújtani. Így amikor a hajtás kis áramot igényel, generátoros üzemben fékez, vagy a töltő nélküli megállóban tartózkodik a jármű, az akkumulátor tölti a kondenzátorokat, ezzel biztosítva a következő gyorsítás nagy teljesítményigényét.

## **A jármű felépítése és működése**

Prototípusként egy kéttengelyes – úgynevezett – szóló busz felépítését határozom meg. Az ebben felhasználni kívánt fő részegységek a következők:

- Ultrakapacitásokból felépített energiatároló telep
- IGBT elemekből felépített feszültséginverter
- Rövidrezárt forgórészű aszinkron vontatómotor
- Statikus segédüzemi átalakító
- Villamos kapcsoló készülékek
- Vezetőfülke és utastéri villamos fűtőkészülékek
- Mikroprocesszoros jármű és hajtásvezérlő

A részegységek részletes ismertetése és működésük leírása a dokumentációknál megadott anyagban olvasható (24 – 46. oldal).

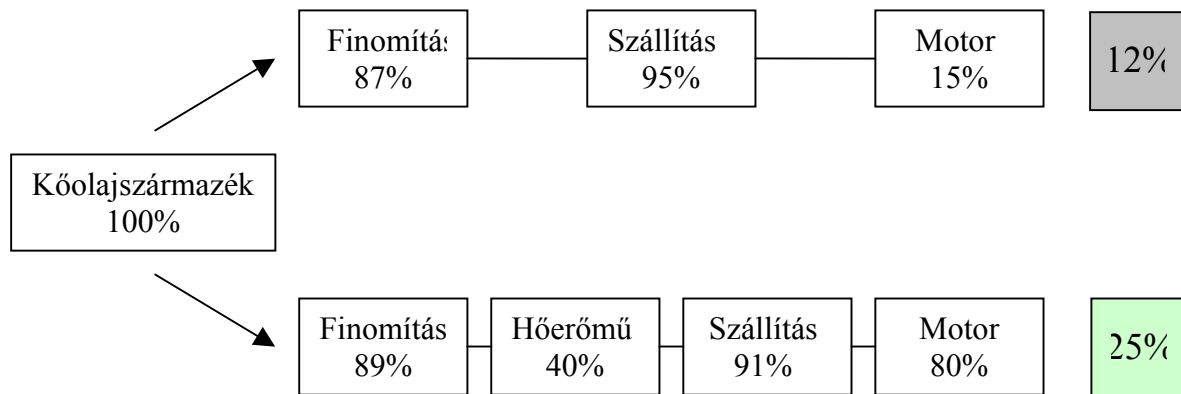
A jármű tehát felépítését tekintve nagyrészt hasonlít a modern trolibuszokéhoz, a legfontosabb eltérés az energiaellátásban van. A jármű itt az energiát az ultrakapacitásokból kapja, ezért új főáramkört kellett tervezni a járműhöz. Ez a főáramköri kapcsolás nem csak a motort táplálja, hanem a szabályozott töltést is végzi. Mivel a járművet csak álló állapotban töltöm, ezért a kapcsolást úgy terveztem meg, hogy az a töltéshez fel tudja használni az inverter elemeit is. A töltést a közlekedési hálózatról végzem (600V), ezért kétféle üzemállapotban töltöm az ultrakapacitás telepet. Az első esetben kisebb a feszültsége a tárolónak, mint a hálózatnak, a második esetben már nagyobb. Mindkét esetben ugyanazt az elektronikát használom, csak másképp vezérelve a megkívánt töltési mód függvényében. A vezérlést a mikroszámítógépes rendszer irányítja.

Légyeges továbbá, hogy az új kapcsolásban az energiatárolót közvetlenül kapcsolom az inverterhez, s ezzel egy kapcsolási „áttételt”, vagyis energiaveszteséget takarítok meg. Ezt azért tehetem meg, mert az inverter – megfelelően vezérelve – átveheti ennek a szerepét.

A töltést és a jármű működtetését számítógépen szimuláltam. A számítások és a szimuláció eredményei a dokumentációban találhatóak. A számítások helyességét mérésekkel is alátámasztottam. Ezek a mérések – amelyeket a tervezetthez hasonló méretű és adottságú trolibuszokon végeztem a jármű dinamikájára vonatkoznak.

#### Környezetvédelmi vonatkozások kiemelése, előnyök

Mint a legtöbb villamos hajtású jármű esetén itt is a legfontosabb környezeti hatás, hogy a jármű nem bocsát ki szennyező anyagokat (nulla emisszió), így jelentősen javítja a lokális levegőminőséget – esetünkben az amúgy is erősen szennyezett városi levegőt –, valamint lehetőséget ad a globális szintű légszennyezés csökkentésére is, melynek mértéke a villamos energia előállításától függ. Ha ezt az energiát „tiszta” állítjuk elő, akkor mérhető mértékben csökkenthető a természet kihasználtsága. De fontos tény, hogy még ha a legrosszabb esetet vesszük is figyelembe, miszerint fosszilis tüzelőanyagból állítjuk elő a villamos energiát, akkor is több szempontból optimálisabb, hiszen az energiafelhasználásnak jobb a hatásfoka – tehát kevesebb nyersanyagot használ – (ezt szemlélteti az 1.ábra), a szennyezés nem közvetlenül éri az embereket, és a szennyezőanyagok kibocsátása központosított, így hatásosabban tisztítható – szűrhető – és ellenőrizhető.



1.ábra

Az ábra az első esetben egy belsőégésű motor, a második esetben egy villamos motor üzemeltetésének a hatásfokát mutatja azonos nyersanyagból kiindulva az átalakításokat a hatásfokukkal jelezve

Igen jelentős energia-megtakarítás érhető el az úgynevezett visszatáplálásos fékezéssel. Ezzel ugyanis a mozgási energiának több mint a 40%-át vissza tudjuk nyerni, így tovább csökkentve a természeti erőforrások kihasználását. Ezt a fékezési módszert hatékonyabban



tudom a tervezett járművel kihasználni, mint a ma használatos felső-vezetékéről működő járművek (ezeknél ma 30-35%).

További megtakarítás a hagyományos belsőégésű járművekhez képest, hogy ebben az esetben nincs fölösleges fogyasztás és szennyezés a piros lámpánál vagy forgalmi dugóban állva, illetve tömegközlekedési eszközt tekintve a megállóban sem.

Egyre nagyobb problémát okoz a városokban a zajszennyezés, mely igen gyakran tartósan túllépi a határértékeket. Az általam tervezett jármű zajszennyezése a trolibuszokhoz hasonlóan, jóval kisebb, mint a hagyományos buszoké.

Ennek a járműnek azonban nagy előnye a trolibuszokhoz képest, hogy nem igényel felső-vezetékét, ezáltal megóvhatjuk a városképet és a műemléképületeket. Az esztétikai környezetünk védelmének fontosságát jól példázza Róma, ahol a trolibusz felső-vezetékét nem engedték kiépíteni a történelmi belvárosban.

A felső-vezeték elhagyása további előnyökkel jár, hiszen kiépítése igen költséges és jelentős nyersanyagot igényel. Ezáltal tovább csökkenthetjük a természeti erőforrások kihasználását.

### **További gazdasági és szociális hatások**

Mivel a jármű szabadpályás, tehát nincs fix útvonalhoz kötve, balesetek, elterelések esetén is továbbközlekedhet. Az esetleges útvonal változtatások, bővítések kis beruházással megoldhatók.

Alacsonyabb költségekkel kiépíthető egy járat, mint más, hasonlóan elektromos jármű esetén.

Az ultrakapacitásokból felépülő energiatároló élettartama hosszabb, mint az akkumulátoré, a fenntartási költségek alacsonyabbak, az élőmunka-ráfordítás kisebb.

A jármű és az infrastruktúra gyártása hazánkban könnyen megvalósítható, hiszen minden gyártási feltétel rendelkezésre áll. Ha a magyar vállalatok vállalják a fejlesztést és a gyártást, amire van is kapacitásuk – egészen a busztesttől a villanymotoron át az elektronikáig –, akkor sok új munkahely létesítésére van lehetőség, illetve egyes gyárak bezárása megakadályozható lenne.

Tekintetbe véve, hogy az Európai Unióban egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezetvédelem, szigorodnak a szabályok és a városi közlekedés egyre kritikusabbá válik, így várhatóan lesz piaca.

Hazánkban történő alkalmazása országunk nemzetközi megítélésének javítását is elősegítené. Továbbá megkönnyítené az egyre szigorodó országos kibocsátási határértékek

betartását. Ennek fontosságát a közelmúltban hatályba lépett Kiotói Egyezmény is alátámasztja.

## **A rendelkezésre álló dokumentáció megnevezése, hivatkozások:**

### **Teljes leírás:**

Szentmiklóssy Balázs: Ultrakapacitások alkalmazása közúti járművekben c. diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar

### **A dokumentáció hivatkozásai:**

- R. Kötz: Doppelschichtkondensatoren. Siebentes Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik, Erneuerbare Energien und Rationelle Energieverwendung, Energiespeicher und Energietransport, Tagungsband 2002
- S. Sarangapani, B.V. Tilak, C.P. Chen, J. Electrochem. (1996)
- Burke, M. Miller, F. Chevallier, Experimental studies of cells and modules of advanced ultracapacitors, 11th international seminar on double-layer capacitors and similar energy storage devices, Deerfield beach, Florida, Dec. 3-5, 2001
- Schmidt I., Rajki I., Vincze Gyuláné: Járművillamosság. Egyetemi tankönyv. Műegyetemi Kiadó. 2002.
- Kaushik Rajashekara, Ph.D. Chief Scientist, Propulsion Fuel Cell & Energy Systems: Hibrid járművek c. előadás IEEE Hungary Section, Budapest, 2004.
- Maxwell Technologies képviselőének bemutató előadása az Ultrakapacitásokról Ganz Transelektro Közlekedési Rt. Budapest, 2004.
- Ganz Transelektro Közlekedési Rt. adatai, képei
- Halász Sándor: Villamos hajtások. Egyetemi tankönyv, Budapest, 1993.
- Dr. Hunyár M., Dr. Schmidt I., Dr. Veszprémi K., Dr. Vincze Gyné.: A megújuló és környezetbarát energetika villamos gépei és szabályozásuk. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002.
- Négyjegyű függvénytáblázatok Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994.
- <http://mnold.man-nutzfahrzeuge.de>, Man Ultracap hibrid busz adatai, kép
- <http://www.isecorp.com>, Maxwell Technologies ThunderPack II modul adatai, kép
- <http://nesscap.com>, Ultrakapacitás adatok

### **Kapcsolat**

Név: Szentmiklóssy Balázs

Postai cím: 2000, Szentendre Tél u. 10/B

E-mail: [stbalazs@freemail.hu](mailto:stbalazs@freemail.hu)

[szentmiklossy@supertech.vgt.bme.hu](mailto:szentmiklossy@supertech.vgt.bme.hu)

Fax: -

Telefon: +36 20/311-11-23