



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پروژه کارشناسی در رشته مهندسی برق - قدرت

عنوان

بررسی انواع خودروهای هیبرید الکتریکی و شبیه‌سازی یک نمونه

از آن‌ها

استاد راهنما

دکتر کاوه نظامی‌زاده

پژوهشگر

سمیرا یارقلی

شهریور ۱۳۹۰

تقدیر و تشکر

از خانواده‌ی عزیزم که با حمایت‌های همیشگی خود زمینه موفقیت را برایم فراهم ساختند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از کمک‌های علمی و فکری استاد ارجمندم دکتر نظامی زاده که در طول این دوره با صبر و حوصله مرا راهنمایی نموده و پشتیبان من

بوده اند کمال تشکر را دارم.

در پایان جا دارد سپاسگزار لطف و زحمات جناب آقای مهندس افشاری را در این باره که مراد انجام این پروژه یاری نموده اند.

۳۷	۲-۴- موتور احتراقی
۳۷	۱-۲-۴- نقشه‌های بازده و میزان مصرف سوخت برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی
۴۰	۳-۴- محرکه‌ی الکتریکی
۴۱	۱-۳-۴- موتور DC
۴۳	۲-۳-۴- موتور سنکرون مغناطیس دائم دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی
۴۵	۳-۳-۴- موتور سوییچ رلوکتانس
۴۵	۴-۳-۴- موتور القایی
۴۷	۵-۳-۴- ماشین‌های الکتریکی خاص دانشگاه زنجان و اسکندرمندی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان و اسکندرمندی
۴۸	۴-۴- باتری
۴۸	۱-۴-۴- اساس باتری
۴۹	۲-۴-۴- معرفی باتری‌های خودروهای الکتریکی
۵۰	۳-۴-۴- پارامترهای باتری
۵۰	۱-۳-۴- ولتاژ باتری و سلول
۵۱	۲-۳-۴- ظرفیت شارژ یا آمپر ساعت
۵۲	۳-۳-۴- انرژی ذخیره شده
۵۲	۴-۳-۴- انرژی مخصوص
۵۲	۵-۳-۴- چگالی انرژی
۵۳	۶-۳-۴- توان مخصوص
۵۳	۷-۳-۴- راندمان آمپر ساعت یا شارژ
۵۳	۸-۳-۴- راندمان انرژی
۵۴	۹-۳-۴- میزان دشارژ خودی
۵۴	۱۰-۳-۴- دمای باتری، گرمایش و یا خنک‌کاری لازم
۵۴	۱۱-۳-۴- طول عمر باتری
۵۵	۴-۴- سلول‌های سوختی
۵۶	۵-۴-۴- ابرخازن‌ها
۵۸	۱-۵-۴-۴- ترکیب ابرخازن و باتری
۵۹	۶-۴-۴- ساختار شارژ کننده‌ی باتری برای خودروهای با قابلیت اتصال به شبکه

فهرست شکل‌ها

صفحه

- شکل (۱-۱): تغییرات قیمت نفت در یک دهه
۴
- شکل (۱-۲): تقسیم توان خودروی الکتريکی اوليه
۱۱
- شکل (۲-۲): ساختار خودرو الکتريکی
۱۲
- شکل (۳-۲): اثر کاهش اندازه‌ی موتور احتراقي
۱۵
- شکل (۱-۳): ساختار انواع خودروی هيبريد الف) نوع سری ب) نوع موازی ج) نوع سری - موازی
۱۸
- شکل (۲-۳): ساختار خودروی هيبريد سری
۱۹
- شکل (۳-۳): ساختار خودروی هيبريد موازی
۲۲
- شکل (۴-۳): نقشه‌ی مصرف سوخت یک موتور احتراقي ۱/۹ ليتري
۲۳
- شکل (۵-۳): اتصال موازی قبل از جعبه‌دنده
۲۵
- شکل (۶-۳): اتصال موازی بعد از جعبه‌دنده
۲۵
- شکل (۷-۳): هيبريد خفيف با باتري و خازن
۲۷
- شکل (۸-۳): هيبريد خفيف با ولتاژ ۴۲ ولت
۲۸
- شکل (۹-۳): ساختار خودروی هيبريد نوع سری - موازی
۳۰
- شکل (۱۰-۳): نحوه‌ی اتصال مجموعه‌ی دنده سیاره‌ای
۳۱
- شکل (۱۱-۳): ساختار خودروی هيبريد STriGear
۳۳
- شکل (۱۲-۳): مقایسه‌ی مسیر جریان انرژی
۳۳
- شکل (۱۳-۳): ساختار خودروی هيبريد الکتريکی با استفاده از سلول سوختي
۳۵
- شکل (۱-۴): مدل موتور احتراق داخلی
۳۸
- شکل (۲-۴): مراحل کار یک موتور احتراق داخلی
۳۸
- شکل (۳-۴): نقشه‌ی بازده موتور احتراق داخلی ۲/۲ ليتري
۳۹
- شکل (۴-۴): نقشه‌ی مصرف سوخت موتور احتراق داخلی ۲/۲ ليتري
۳۹
- شکل (۵-۴): مشخصه‌ی گشتاور- سرعت PMSM با مغناطيس داخلی
۴۴
- شکل (۶-۴): مشخصه‌ی گشتاور- سرعت PMSM با مغناطيس روی سطح روتور
۴۴
- شکل (۷-۴): مشخصه‌ی گشتاور- سرعت SRM
۴۵
- شکل (۸-۴): مشخصه‌ی گشتاور- سرعت IM
۴۶
- شکل (۹-۴): ساختار ماشين الکتريکی با دو پورت مکانیکی
۴۷

- شکل (۵-۲۷): بازده باتری هنگام دشارژ در هیبرید سری برای UDSS ۷۹
- شکل (۵-۲۸): بازده گیربکس در هیبرید سری برای UDSS ۸۰
- شکل (۵-۲۹): بازده موتور الکتریکی در هیبرید سری برای UDSS ۸۰
- شکل (۵-۳۰): بازده موتور احتراق داخلی در هیبرید سری برای UDSS ۸۰
- شکل (۵-۳۱): عملکرد موتور احتراق داخلی در هیبرید سری برای UDSS ۸۰
- شکل (۵-۳۲): نمودار مصرف انرژی قسمت‌های مختلف در سیکل UDSS خودروی هیبرید سری ۸۰
- شکل (۵-۳۳): نمودار مصرف انرژی هنگام ترمز در سیکل UDSS خودروی هیبرید سری ۸۱
- شکل (۵-۳۴): نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی خودرو هیبرید سری در سیکل INDIA-HWY ۸۱
- شکل (۵-۳۵): نمودار تولید CO در هیبرید سری INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۳۶): نمودار تولید HC در هیبرید سری INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۳۷): نمودار تولید NOx در هیبرید سری INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۳۸): SOC در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۳۹): بازده باتری هنگام شارژ در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۴۰): بازده باتری هنگام دشارژ در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۲
- شکل (۵-۴۱): بازده گیربکس در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۳
- شکل (۵-۴۲): بازده موتور الکتریکی در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۳
- شکل (۵-۴۳): بازده موتور احتراق داخلی در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۳
- شکل (۵-۴۴): عملکرد موتور احتراق داخلی در هیبرید سری برای INDIA-HWY ۸۳
- شکل (۵-۴۵): نمودار مصرف انرژی قسمت‌های مختلف در سیکل INDIA-HWY خودروی هیبرید سری ۸۳
- شکل (۵-۴۶): نمودار مصرف انرژی هنگام ترمز در سیکل INDIA-HWY خودروی هیبرید سری ۸۴
- شکل (۵-۴۷): نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی خودرو هیبرید موازی در سیکل UDSS ۸۶
- شکل (۵-۴۸): نمودار تولید CO در هیبرید موازی UDSS ۸۶
- شکل (۵-۴۹): نمودار تولید HC در هیبرید موازی UDSS ۸۶
- شکل (۵-۵۰): نمودار تولید NOx در هیبرید موازی UDSS ۸۷
- شکل (۵-۵۱): SOC در هیبرید موازی برای UDSS ۸۷
- شکل (۵-۵۲): بازده باتری هنگام شارژ در هیبرید موازی برای UDSS ۸۷
- شکل (۵-۵۳): بازده باتری هنگام دشارژ در هیبرید موازی برای UDSS ۸۷

- شکل (۵-۵۴): بازده گیربکس در هیبرید موازی برای UDSS ۸۷
- شکل (۵-۵۵): بازده موتور الکتریکی در هیبرید موازی برای UDSS ۸۷
- شکل (۵-۵۶): بازده موتور احتراق داخلی در هیبرید موازی برای UDSS ۸۸
- شکل (۵-۵۷): عملکرد موتور احتراق داخلی در هیبرید موازی برای UDSS ۸۸
- شکل (۵-۵۸): نمودار مصرف انرژی قسمت‌های مختلف در سیکل UDSS خودروی هیبرید موازی ۸۸
- شکل (۵-۵۹): نمودار مصرف انرژی هنگام ترمز در سیکل UDSS خودروی هیبرید موازی ۸۸
- شکل (۵-۶۰): نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی خودرو هیبرید موازی در سیکل INDIA-HWY ۸۹
- شکل (۵-۶۱): نمودار تولید CO در هیبرید موازی INDIA-HWY ۸۹
- شکل (۵-۶۲): نمودار تولید HC در هیبرید موازی INDIA-HWY ۸۹
- شکل (۵-۶۳): نمودار تولید NOx در هیبرید موازی INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۴): SOC در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۵): بازده باتری هنگام شارژ در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۶): بازده باتری هنگام دشارژ در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۷): بازده گیربکس در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۸): بازده موتور الکتریکی در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۰
- شکل (۵-۶۹): بازده موتور احتراق داخلی در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۱
- شکل (۵-۷۰): عملکرد موتور احتراق داخلی در هیبرید موازی برای INDIA-HWY ۹۱
- شکل (۵-۷۱): نمودار مصرف انرژی قسمت‌های مختلف در سیکل INDIA-HWY خودروی هیبرید ۹۱
- شکل (۵-۷۲): نمودار مصرف انرژی هنگام ترمز در سیکل INDIA-HWY خودروی هیبرید موازی ۹۱

فهرست جدول‌ها

صفحه

جدول (۱-۲): مشخصات خودروهای الکتریکی	۷
جدول (۱-۴): نمونه‌ای از کاربرد ماشین‌های الکتریکی در خودروهای هیبرید الکتریکی	۴۲
جدول (۲-۴): عملکرد باتری در مقایسه با ابرخازن	۵۸
جدول (۱-۵): پارامترهای خودروی تحت شبیه‌سازی	۶۸
جدول (۱-۶): مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها	۹۳

فصل اول

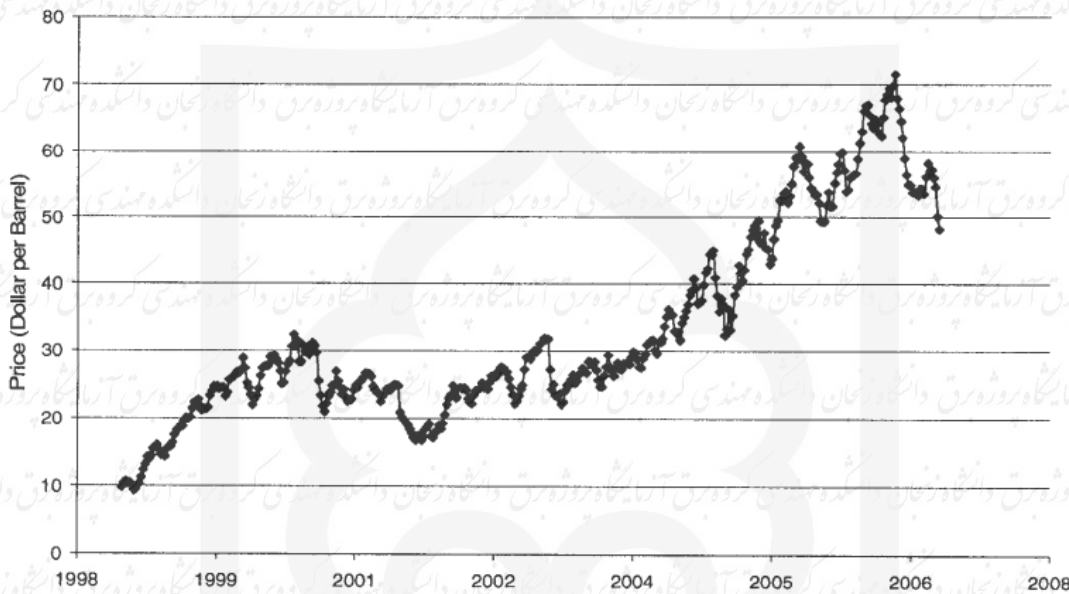
مقدمه

۱-۱ مقدمه

ذخایر سوخت‌های فسیلی محدودند و با توجه به افزایش مصرف آن‌ها طی سال‌های اخیر رفته‌رفته از حجم آن‌ها کاسته شده و پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ای نزدیک تمام شوند. همچنین این کاهش ذخایر نفتی موجب بالا رفتن قیمت آن شده است. طبق آمارهای سازمان جهانی انرژی، قیمت نفت خام در ده سال اخیر،

بیش از ۴۰٪ افزایش یافته است (شکل (۱-۱)) و احتمال می‌رود در آینده افزایش شدیدتری را در قیمت

نفت شاهد باشیم [1].



شکل (۱-۱): تغییرات قیمت نفت در یک دهه

با افزایش مصرف انرژی سوخت‌های فسیلی میزان آلودگی محیط زیست نیز افزایش می‌یابد و نیاز به محدود کردن آلاینده‌ها هرچه بیشتر احساس می‌شود. محدودیت‌های قانونی و استانداردها کنترل‌کننده این آلاینده‌ها هستند.

با تقسیم مصرف انرژی به چهار نوع صنعتی، حمل‌ونقل، مسکونی و تجاری و بررسی سهم هر یک از آن‌ها در مصرف، اهمیت مصرف بهینه در حمل و نقل با توجه به سهم آن از انرژی کل بیشتر جلوه‌گر می‌-

شود. با رشد جمعیت و در پی آن وسایل نقلیه، مصرف انرژی افزایش یافته و به دنبال آن آلودگی هوا نیز افزایش خواهد یافت [2].

دانشمندان از مدت‌ها پیش به دنبال مهار انرژی‌هایی هستند که تلف می‌شوند، تنها انرژی قابل

ذخیره برق است. انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی زمین‌گرمایی از جمله منابع انرژی تجدیدپذیر هستند.

با توجه به مصرف بالای انرژی در خودرو و هدر رفتن مقدار زیادی از این انرژی، با استفاده از انرژی

برق در خودرو می‌توان قسمتی از مشکلات را حل کرد. استفاده از برق منجر به ظهور وسایل نقلیه‌ی

الکتریکی مثل EV¹، HEV²، FCEV³ شده است.

در ادامه به معرفی وسایل نقلیه الکتریکی و هیبرید الکتریکی خواهیم پرداخت. سپس اجزاء خودروی

هیبرید الکتریکی و ساختارهای مختلف آن را به تفکیک بررسی می‌کنیم. در قسمت بعدی معایب و مزایای

انواع مختلف ارائه می‌گردد. در پایان به معرفی نرم‌افزار شبیه‌سازی ADVISOR و شبیه‌سازی دو نمونه از

خودروهای هیبرید الکتریکی و مقایسه آن‌ها می‌پردازیم.

¹ Electric Vehicle

² Hybrid Electric Vehicle

³ Fuel Cell Electric Vehicle

فصل ششم

نتیجه گیری

۱-۶ نتیجه گیری

در این پروژه، به بررسی خودروهای الکتریکی و هیبریدهای الکتریکی پرداخته شد. انواع خودروهای هیبرید سری، موازی، سری- موازی و ... معرفی شدند. خودروهای سری و موازی و خودروی احتراق داخلی شبیه سازی شد. در جدول (۱-۶) خلاصه‌ی نتایج به دست آمده مشاهده می شود.

جدول (۱-۶): مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه سازی‌ها

vehicle	Cycle	# of cycles	Fuel Consumption	Distance	HC	CO	NO _x	Ac. test	Max. speed
ICE	UDDS	3	8.7	36	0.359	1.273	0.209	9.7	202.8
	LHWY	7	6.8	81.6	0.208	0.724	0.152		
Series	UDDS	3	6	36	0.163	0.722	0.288	9.2	157
	LHWY	7	5.2	81.6	0.118	0.507	0.234		
Parallel	UDDS	3	6.8	36	0.105	0.413	0.131	9.6	192
	LHWY	7	5.8	81.6	0.072	0.259	0.1		

در تمام موارد مشاهده می شود که مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها در سیکل شهری بیشتر است، و این

به خاطر توقف‌های مکرر و نوسان پی در پی سرعت است. خودروهای سری علیرغم سایز بالای زیرمجموعه‌ها

کاهش سوخت خوبی را نتیجه داده است. همچنین نسبت به خودروی احتراق داخلی آلاینده‌ی کمتری دارد.

در این شبیه سازی‌ها خودروی موازی مصرف بیش‌تری نسبت به سری و مصرف کم‌تر نسبت به خودروی

احتراق داخلی داشته است. در خودروی موازی آلاینده‌ی نسبت به هر دو مورد بهتر شده است. البته با

شبیه سازی در سیکل‌های مختلف دیگر که در ADVISOR نیز موجود است، می توان به نتایج بهتری رسید.

فصل هفتم

مراجع

۱-۶ مراجع

- [1] A. Emadi, "Handbook of automotive power electronics and motor drives", CRC Press, Florida, 2005.
- [2] Chan-Chiao (Joe) Lin, Huei Peng, Jessy W. Grizzle, "Power Management Strategy for a Parallel Hybrid Electric Truck", the university of Michigan.
- [3] K.T. Chau and Zheng Wang, "Overview of Power Electronic Drives for EVs", Department of Electrical and Electronic Engineering, the University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, China, 2005.
- [4] [Http://www.Hybridcars.com/Index.Html](http://www.Hybridcars.com/Index.Html).
- [5] Sandeep Dhameja, Butterworth-Heinemann, 2002, "Electric Vehicle Battery Systems"
- [6] A. Emadi, M. Ehsani, and J. M. Miller, "Vehicular electric power systems: land, sea, air, and space vehicles," New York, Marcel Dekker, 2003.
- [7] M. Ehsani, K.M. Rahman, and H.A. Toliat, "Propulsion system design of electric and hybrid vehicle," IEEE Trans on industrial electronics, vol. 44, pp. 19-27, February 1997.
- [8] V. Wouk, "Hybrids: Then and Now", IEEE Spectrum, Vol. 32, No.7, July 1995, Pages: 16-21.
- [9] <http://en.wikipedia.org>
- [10] Z. Rahman, M. Ehsani and K. L. Butler, "An Investigation of Electric Motor Drive Characteristics for EV and HEV Propulsion Systems", SAE Technical Paper Series, 2000-01-3062.
- [11] Z. Rahman, K. L. Butler and M. Ehsani, "A Comparison Study Between Two Parallel Hybrid Control Concepts", SAE Technical Paper Series, 2000-01-0994
- [12] Fabio Crescimbeni, Luca Solero, "Advances in Propulsion Systems of Hybrid and Electric Vehicles".
- [13] A. Emadi, K. Rajashekara, S.S. Williamson, S.M. Lukic, "Topological Overview of Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicular Power System Architectures and Configurations", Vehicular Technology, IEEE Transactions on, Vol.54, Issue 3, May 2005, Pages 763-770.
- [14] X. He and J. W. Hodgson, "Modeling and Simulation for Hybrid Electric Vehicles Part I: Modeling", IEEE Trans. Intell. Transport. System.
- [15] X. He and J. W. Hodgson, "Modeling and Simulation for Hybrid Electric Vehicles Part II: Simulation", IEEE Trans. Intell. Transport. System.
- [16] Karin Jonasson, "Analysing Hybrid Drive System Topologies", Department of Industrial Electrical Engineering and Automation Lund University, 2002.
- [17] Osama Kobatashi, Shoji Tange, Tetsuo Takeishi, Hisashi Ishitani, Ryuji Matsuhashi, Yoshikuni Yoshida, "Environmental and Economic Evaluations of Electric Vehicles", SAE.

[18] S. S. Williamson and A. Emadi, "Comparative Assessment of Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles Based on Comprehensive Well-to-wheels Efficiency Analysis," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 54, no. 3, pp. 856–862, May 2005.

[19] Xu Wei, Zhu Jianguo, Guo Youguang and Shi Zhanghai, "Survey on electrical machines in electrical vehicles," Conference on Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices, Chengdu, China, Sep. 25-27, pp. 167-170, 2009.

[20] Zeraoulia Mounir, Benbouzid Mohamed El Hachemi and Diallo Demba, "Electric motor drive selection issues for HEV propulsion systems: A comparative study," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 55, no. 6, Nov. 2006.

[21] S.S. Williamson, S.M. Lukic, and A. Emadi, "Comprehensive drive train efficiency analysis of hybrid electric and fuel cell vehicles based on motor-controller efficiency modeling," IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 3, pp. 730-740, May 2006.