

Dizel Bir Aracın Elektrikli Araca Dönüşüm Performansının Değerlendirilmesi

Onur Özdal Mengi

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Giresun Üniversitesi, Giresun, TÜRKİYE
onurmengi@yahoo.com

(Geliş/Received:23.08.2017;Kabul/Accepted:22.11.2017)

Özet

Bu çalışmada, dizel motora sahip 1,3 litrelik bir araç elektrikli araca dönüştürülmüş ve her iki aracın performansı kıyaslanmıştır. Günümüzde hızla artan çevresel problemler ve sera gazı salınımını azaltma çalışmalarının önemli bir ayağını oluşturan petrol temelli kaynaklar ile çalışan araçların elektrikli hale getirilmesi konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Dizelden elektrikli bir forma dönüşüm olursa araçta bir performans kaybı olup olmayacağı önemli bir soru işaretidir. Çalışma bu noktaya odaklanmaktadır. Yapılan benzetim çalışmasında, AVL Cruise programı kullanılmış ve dizel aracın yerine elektrikli versiyonun yapılması ve kullanılması durumunda, bu versiyonların performansı incelenmiş ve kıyaslanmıştır. Her iki aracın motorlarındaki tork, güç ve hız değerleri irdelenmiştir. Bileşenlerin denetlenmesinde Oransal-İntegral-Türevsel kontrolörler kullanılmıştır. Kıyaslama sonucunda, dizel aracın elektrikli arabaya dönüştürülmesi durumunda herhangi bir performans kaybı olmadan daha çevreci bir araç elde edilebileceği gerçeği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dizel Araç, Oransal-İntegral-Türevsel Kontrolör, Elektrikli Araç

Evaluation of the Conversion Performance of a Diesel Vehicle to Electrical Vehicle

Abstract

In the present paper, a 1,3 liter vehicle that has diesel motor was converted into an electrical vehicle and performances of both vehicle forms were compared. Significant advances have been made in the electrification of vehicles operating with oil-based resources, which nowadays are an important component of rapidly increasing environmental problems and reduction efforts of greenhouse gas emission. It is a serious question mark whether a loss of performance in the vehicle will be if it is converted from diesel to an electrical form. The paper is focused on this point. In the simulation work, AVL Cruise program was used, and when the electric version instead of the diesel vehicle was made and used, the performances of these versions were examined and compared. Torque, power and speed values in the both vehicles were examined. Proportional-Integral-Derivative controllers were used for inspecting components. As a result of comparison, it has been revealed that a more environmentally friendly vehicle can be obtained without any performance loss if diesel vehicle is converted into an electrical vehicle.

Keywords: Diesel Vehicle, Proportional-Integral-Derivative Controller, Electrical Vehicle

1. Giriş

İlk Elektrikli Araç (EA) modelini Profesör Stratingh 1835 yılında geliştirmiştir. Benzin fiyatlarının düşmesi EA'lara olan ilginin azalmasına ve İçten Yanmalı Motor (İYM) ile çalışan arabaların tekrardan ilgi odağı olmasına sebep olmuştur [1-3]. İYM'lerden egzoz gazlarının dışarıya salınımıyla hava kirliliğine

neden olduğu zamanla anlaşılmış ve bu nedenle hava kirliliğini önlemek için EA'ları tekrardan üretmeye başlamıştır [1, 4]. Böylece 1960'lı yıllarda EA'lara duyulan ilgi tekrardan artmaya başlamıştır. Son yıllarda kaydedilen ilerlemeler ile birlikte elektrikli araçların yeni çeşitleri ortaya çıkmıştır. Elektrikli araç çeşitleri altı ayrı başlıkta incelenmektedir. Bunlar tümü elektrikli araçlar, hibrid elektrikli araçlar, yakıt pilli elektrikli

araçlar, elektrik hatlarından beslenen elektrikli araçlar, güneş enerjisi ile çalışan elektrikli araçlar, volanlı ve süperkapasitörlü elektrikli araçlardır [5]. EA'lar, kullandıkları elektrik motorlarının yüksek verimleri sebebi ile içten yanmalı motorlu araçlara oranla %80'e varan enerji tasarrufu sağlarken petrolden bağımsız oluşu, CO₂ salınımının olmayışı ve sessiz çalışması gibi özelliklerinden dolayı geleneksel İYM'lara göre eşsiz bir avantaja sahiptir [6-8].

Literatürde EA'larla ilgili pekçok araştırma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada EA'larda diferansiyel kaldırılıp her bir tekerere dört adet elektrik motoru bağlandığında bu araçlardan biri olan sabit mıknatıslı senkron motor'lu tekerlekler halinde aracın tork başlangıcında sistemin akım üzerindeki etkisi analiz edilmektedir [9]. Bir diğer araç sürekli mıknatıslı fırçasız doğru akım elektrik motorların ön ve arka tekerleklerindeki hız ve moment analizi yapılmıştır [10]. Bunun dışında elektrikli aracın tahrik motorunun parametreleri ve batarya gücünün belirlenmesiyle Yeni Avrupa Sürüş Döngüsü (YASD) ve Çin Tipik Kentsel Döngüsü ile motorun verimliliği, gücü ve hızı analiz edildiği ve kıyaslandığı araştırmalar da bulunmaktadır [7]. EA'larda çoğunlukla kullanılan Li-On bataryaların aksine LiFePO₄ bataryası, ultra kapasitör ve DC-DC çevirici kullanarak elektrikselsel güç ve batarya verimliliği de hesaplandığı çalışmalarda vardır [11].

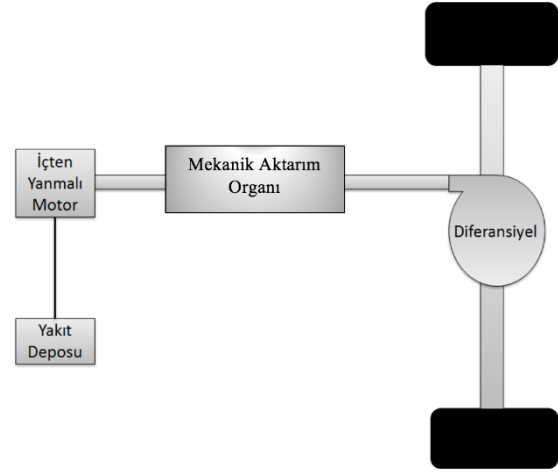
Bu çalışmada bir dizel İYM'li araç elektrikli araca çevirerek, bu modelin simülasyonu yapılmış ve dönüşümden sonra elektrik motorundaki hız, elektrikselsel güç, tork ile bu aracın İYM halinin tork ve mekanik güçlerini kıyaslanması amaçlanmıştır. Ayrıca dönüşümden sonra elektrikli aracı YASD çevriminde koşturulduğunda elektrik motorunun gerilim, akımı elektrikselsel güç ve verimliliği ve bataryanın da elektrikselsel güç ve güç kaybı hesaplanarak irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

AVL CRUISE programı ile dizel araç modeli üzerinde değişiklikler yapılarak içten yanmalı motorlu araç elektrikli araca dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm için seçilen motor orta sınıfa hitap eden, motorin kullanan ve daha önce elektrikli araca çevrilmemiş bir motor olmasıdır.

2.1. 1,3 Litre Dizel İYM

1,3 litre dizel motora sahip araç modeli Şekil 1'de görülmektedir. Yakıtı motorin olan bu araç 4 silindirli motora sahip, yakıt deposu hacmi 0,047 m³, motor hacmi 1248 cm³, taşıtın kütlesi 1281 kg, maksimum hızı 159 km/saat olan bir araçta kullanılmaktadır. Kullanılan dişli kutusu 5 ileri vitesli mekanik bir dişli kutusudur.



Şekil 1. İçten yanmalı motorlu aracın geleneksel modeli

Motor gücü;

$$P = T * \frac{2 * \pi * n}{60} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır. Burada T tork (Nm) ve n devir sayısı (devir/dak)'dır. Kullanılan motorun özelliklerinde tam yük durumunda güç hesaplandığında tork $66.958 \text{ Nm} < T < 180 \text{ Nm}$ ve motor hızı $850 \text{ 1/min} < n < 1750 \text{ 1/min}$ şeklinde ortaya çıkar. Tork 157,512 alındığında:

$$P = 157,912 * \frac{2 * \pi * 2744.9}{60} = 45,391 \text{ kW}$$

Motorun hızını bulurken, rölanti hızından ($\dot{\phi}_{E,idle}$) daha düşük bir motor devri için;

$$(\dot{\phi}_{E,out} < \dot{\phi}_{E,idle}):$$

$$k_{E,operate} = -1 \quad (2)$$

$\dot{\varphi}_{E, idle}$ için $p_{E, vk, help}$ ve $p_{E, sk, help}$ 'in lineer enterpolasyonu:

$$\Delta p = p_{E, vk, help} - p_{E, sk, help}$$

$$p_{eff, sk} = -\frac{\Delta p}{\dot{\varphi}_{E, idle}} \cdot f_{E, sk} \cdot \dot{\varphi}_{E, out} + p_{E, sk, help} + \Delta p \cdot f_{E, sk} \quad (3)$$

$$p_{eff, vk} = p_{eff, sk} + \frac{\Delta p}{\dot{\varphi}_{E, idle}^3} \cdot (f_{E, sk} - 1) \cdot \dot{\varphi}_{E, out}^3 - \frac{\Delta p}{\dot{\varphi}_{E, idle}^2} \cdot (f_{E, sk} - 2) \cdot \dot{\varphi}_{E, out}^2 \quad (4)$$

$$f_{E, sk} = 1 \quad (5)$$

$$(f_{E, sk} = \text{otomatik yapı için} = 4)$$

maksimum hızdan daha yüksek bir motor hızı için;

$$(\dot{\varphi}_{E, out} > \dot{\varphi}_{E, max})$$

$$k_{E, operate} = 1, \quad (6)$$

$\dot{\varphi}_{E, max}$ için $p_{E, vk, help}$ ve $p_{E, sk, help}$ 'in lineer enterpolasyonu:

$$p_{eff, vk} = p_{E, vk, help} - \left| \dot{\varphi}_{E, max} - \dot{\varphi}_{E, out} \right| \cdot \frac{N_{E, stroke} \cdot \pi}{V_{E, h}} \quad (7)$$

$$p_{eff, sk} = p_{E, sk, help} - \left| \dot{\varphi}_{E, max} - \dot{\varphi}_{E, out} \right| \cdot \frac{N_{E, stroke} \cdot \pi}{V_{E, h}} \cdot f_{E, sk} \quad (8)$$

$$f_{E, sk} = 1 \quad (9)$$

$$(f_{E, sk} = 0 \text{ otomatik yapı için})$$

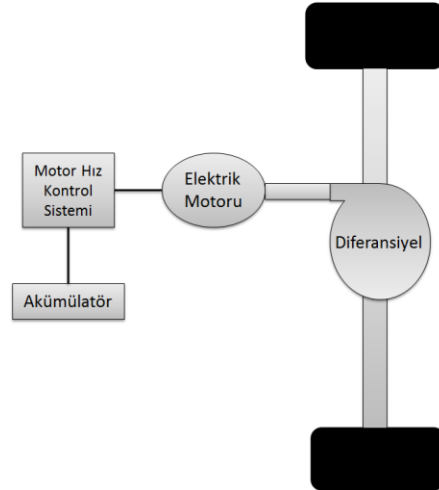
Normal çalışma koşulları için ($\dot{\varphi}_{E, idle} < \dot{\varphi}_{E, out} < \dot{\varphi}_{E, max}$);

$$k_{E, operate} = 0 \quad (10)$$

$\dot{\varphi}_{E, out}$ için $p_{eff, vk}$ ve $p_{eff, sk}$ 'nin lineer enterpolasyonu şeklinde hesaplanır [12]. Burada motor hacmi $V_{E, h}$, çap-strok sayısı $N_{E, stroke}$, maksimum hız $\dot{\varphi}_{E, max}$, rölanti hızı $\dot{\varphi}_{E, idle}$, güç başlangıcında motor açılma hızı $\dot{\varphi}_{E, out}$, $\dot{\varphi}_{E, out}$ için tam yük eğrisinde fren basıncı ortalaması $p_{eff, vk}$, $\dot{\varphi}_{E, out}$ için motor eğrisinde fren basıncı ortalaması $p_{eff, sk}$, hareket kontrolü $k_{E, operate}$ ile gösterilmektedir. AVL Cruise programı bu denklemleri referans olarak gerekli hesaplamaları yapmaktadır.

2.2. 1,3 Litre Dizel İYM'nin EA'ya Dönüştürülmesi

1,3 litre dizel motolu aracın elektrikli araca dönüşmüş hali Şekil 2'de görülmektedir. Modelde Lityum iyon tipi batarya kullanılmıştır. Gerilimi minimum 220 V maksimum 420 V arasında bir değere sahiptir. Elektrik motoru asenkron motor olarak kullanılan gerilimi 320 V, atalet momenti $1,0e-4 \text{ kgm}^2$, hızı 500 rpm ile 7500 rpm arasında değişen ve buna bağlı olarak verimliliği de %65 ile %93 arasında olan bir motordur.



Şekil 2. Elektrikli araba modeli

Bu verilerden yola çıkarak elektrikli gücü hesaplırsak:

$$P_{elk} = V * I \quad (11)$$

Gerilimin değerleri $276,174 < V < 345,07$ ve akımın değerleri $15,827 < I < 303$ arasındadır.

Gerilimin en yüksek ve akımın en düşük değeri için güç hesaplanırsa:

$$P_{elk} = 345,047 * 15,8276A = 5,461 kW$$

Buradan verimlilik:

$$\eta = \frac{\text{faydalı güç}}{\text{toplam güç}} = \frac{P_{fay}}{P_{top}} \quad (12)$$

Güç kaybıda (P_{kay});

$$P_{fay} = P_{top} - P_{kay} \quad (13)$$

$5,461 < P_{top} < 83,764$ arasında ve $1,33 < P_{kay} < 8,5$ arasındadır.

$$P_{fay} = 5,46 - 1,33 = 4,13 kW$$

$$\eta = \frac{P_{fay}}{P_{top}} = \frac{4,13kW}{5,46kW} = \%75,6 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Güç aktarımının gerçek bir anı:

$$M_{EM;dt} = M_{EM} - \Theta_{EM,nom} \dot{\varphi}_{EM,out} \quad (14)$$

şeklinde. Aşağıdaki hesaplama daimi alan makineleri için kullanılır:

$$M_{EM}(T_{EM}) = (1 + \beta_{EM,REM} (T_{EM} - T_{EM,L})) M_{EM}(T_{EM,L}) \quad (15)$$

Güç aktarma kapalı durumda:

$$M_{EM} = M_{EM,drag} (\dot{\varphi}_{EM} / \dot{\varphi}_{EM,max})^2 \quad (16)$$

Daimi alan makineler için demir kayıpları dikkate alınması gerekir.

Güç aktarma;

$$M_{EM} = k M_{EM,max,mot}, \text{ (eğer } k > 0 \text{ ise,)} \quad (17)$$

Aksi takdirde, $M_{EM} = (-k) M_{EM,max,gen}$
Elektriksel güç:

$$P_{EM,el} = P_{EM,mec} + P_{EM,loss} \quad (18)$$

şeklinde. Güç kaybı ($P_{EM,loss}$), demir kaybını, bakır kaybını ve sürtünmeye göre kaybı içerir.

Tamamen ısıya dönüşür. Güç aktarma mekanik güç tarafından tanımlanan:

$$P_{EM,mec} = \dot{\varphi}_{EM} M_{EM} \quad (19)$$

ile ifade edilir. Maksimum tork için aşağıdaki güç kaybı kullanılarak tanımlanır:

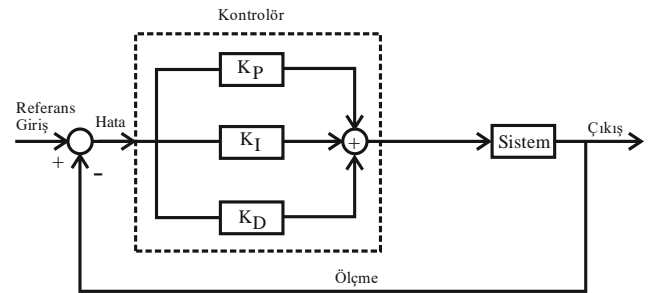
$$R_{th} = 1 / \alpha_{EM;th} \quad (20)$$

$$I_{EM} = P_{EM,el} / U_{EM,net} \quad (21)$$

Burada karakteristik haritalar ve eğriler (M_{EM}), atalet momenti ($\Theta_{EM,nom}$), drag torku ($M_{EM,drag}$), Mıknatıs İndüksiyon Sıcaklık katsayısı $\beta_{EM,REM}$, maksimum tork-motor ($M_{EM,max,mot}$), maksimum tork-jeneratör ($M_{EM,max,gen}$), güç kaybı ($P_{EM,loss}$), maksimum açılma hızı $\dot{\varphi}_{EM,max}$, fiili elektrik güç $P_{EM,el}$, net gerilim $U_{EM,net}$, akım I_{EM} , hareket k ile gösterilmektedir [12].

2.3. PID Kontrolör

Şekil 3'te PID kontrolör blok diyagramı gösterilmiştir. PID kontrolörün transfer fonksiyonu ise aşağıdaki denklemde gösterildiği gibidir [13].



Şekil 3. PID Kontrolör blok diyagramı

$$U(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s E(s) \quad (22)$$

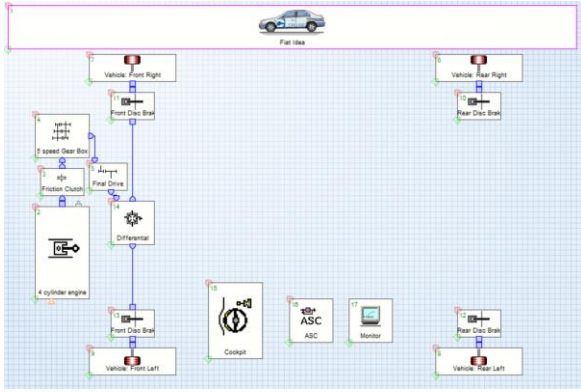
$$C(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s \quad (23)$$

Burada K_p , K_I , K_D sırasıyla oran, integral ve türev katsayılarını ifade etmektedir. Burada PID

kontrolör motor parametrelerinin ayarlanmasında kullanılmıştır.

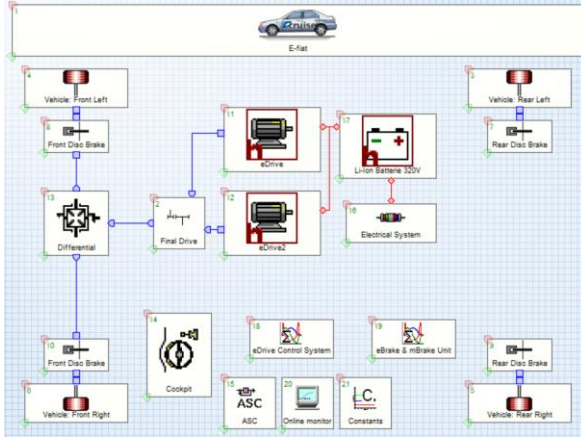
3. Benzetim

1,3 litre dizel araç modeli ve bu modelin elektrikli versiyonunun AVL CRUISE programı ile simülasyonu yapılmış, iki aracın motorlarındaki tork, güç ve hız performanslarını incelenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 4’de 1,3 dizel IYM modeli gösterilmiştir.



Şekil 4. 1,3 litre dizel IYM modeli

Şekil 5’de 1,3 dizel İYM’nin elektrikli araca çevrilmiş hali gösterilmiştir.

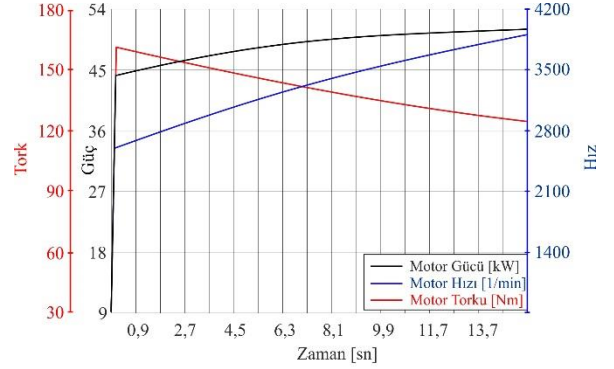


Şekil 5. 1,3 litre dizel aracın elektrikli arca dönüştürülmüş hali

4. Sonuçlar

Şekil 6’da 1,3 litre dizel aracın dönüşüm yapılmadan önceki performans grafiğini incelendiğinde motorun en yüksek tork 161,4 Nm olduğunda aracın çalışma zamanı 0,2 sn ve

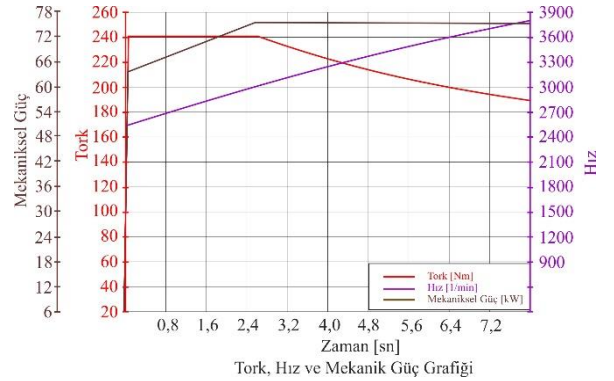
motorun gücü 44,24 kW ve motorun devir hızı 2616,79 1/min dir. Araç motorunun maksimum hızı 3905,65 1/min olduğunda motorun gücü 50,928 kW ve aracın çalışma zamanı 15,3 sn’dir. Grafikte motorun tork değeri araba çalıştığı anda en yüksek değerini alırken zaman ilerledikçe azalma ve motorun hızın ve gücünde artış görülmektedir.



Motor Torku, Motor Gücü ve Motor Hızı Grafiği

Şekil 6. 1,3 litre dizel IYM modelinin zamana göre motor torku, gücü ve hızı

Şekil 7’de 1,3 litre dizel IYM modelinin elektrikli araca çevrildikten sonraki performans grafiği incelendiğinde araç çalıştıktan 0,083 sn sonra elektrik motoru en yüksek torka ulaşmaktadır. Bu değer bir süre sabit kalıp azalmaya başlamaktadır ve torku 240 Nm’dir.

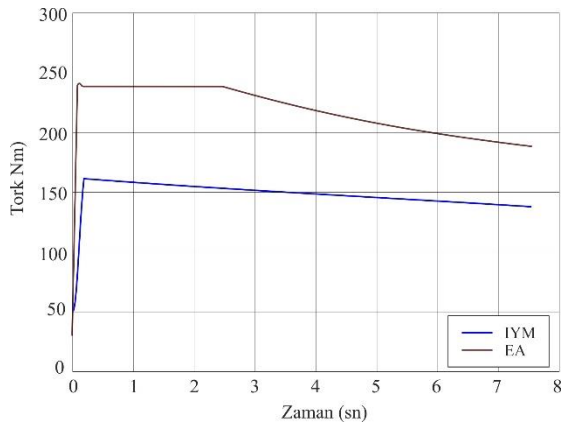


Şekil 7. 1,3 litre dizel IYM’nin EA’ya dönüşümden sonra elektrik motoruna ait zamana göre tork, güç ve hız değişimi

Elektrik motorunun torku en yüksek olduğunda, motorun hızı 2560,18 1/min den 2999,57 1/min e artmaktadır ve mekanik gücü 64,34 kW dan 75,38 kW’a yükselmektedir.

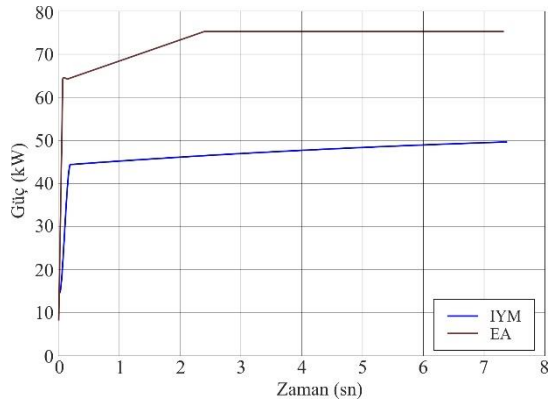
Motorun maksimum hızı 3806,31 1/min olduğunda motorun gücü 75,29 kW'dır.

Şekil 6 ve Şekil 7'den alınan veriler ayrı ayrı incelendiğinde aynı çalışma süreleri (0-7,98 sn) ele alındığında Şekil 8'de dizel araç elektrikli araca çevrildiğinde motor torku daha yüksektir ancak araç çalışmaya devam ettiğinde tork değerini bir süre korumuş ancak zamanla düşme meydana gelmiştir. Aracının dönüşüm yapılmadan önceki torku daha düşük olmasına rağmen zamanla torkunda azalmalar meydana gelmiştir.



Şekil 8. Dizel IYM ve elektrikli halinin torklarının karşılaştırılması

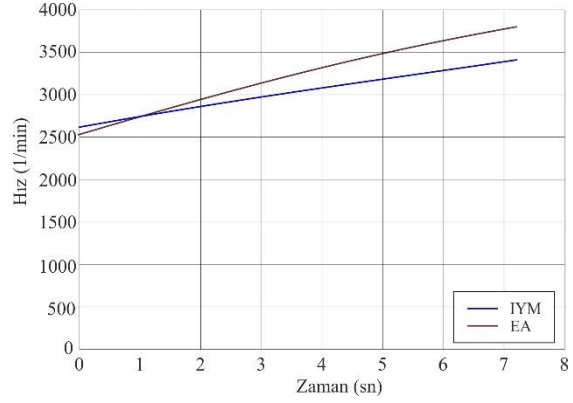
Şekil 9'da 1,3 litre dizel IYM elektrikli araca çevrildikten sonra motor gücü içten yanmalı araca göre daha yüksektir ancak zaman ilerledikçe elektrikli aracın gücü sabit kalırken içten yanmalı motorlu aracın gücü artmaktadır.



Şekil 9. 1,3 litre dizel IYM ve EA modelinin motor güçlerinin karşılaştırılması

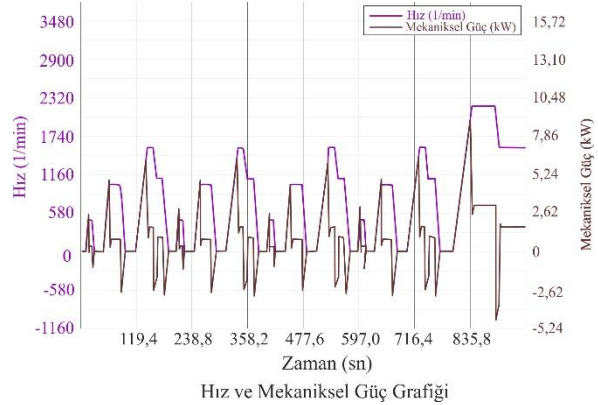
Şekil 10'da araç ilk çalıştırıldıkları andaki hızlarında içten yanmalı aracın hızı elektrikli

araca göre daha fazladır ancak araçlar çalıştırıldıktan sonra elektrikli aracın hızı içten yanmalı motorlu aracın hızını geçmesine rağmen aracın hızında dalgalanmalar meydana gelmiştir. Şekil 11'de bu durum görülmektedir.



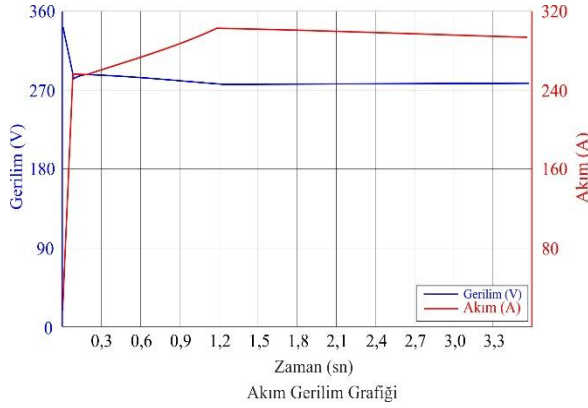
Şekil 10. Dizel motorlu ve elektrikli araca çevrilmiş halinin hızlarının karşılaştırılması

YASÇ'ne göre elektrikli araç test edildiğinde araç motorunun hızı Şekil 11'deki gibi görülmektedir. Bu çevrimde aracın hızlanma, ivmelenme ve sabit hızla yol alırken ki hız çevrimini görülmektedir. Aracın hızı arttıkça mekanik güçte artmakta ve araba yavaşladığında gücün azaldığı görülmektedir.



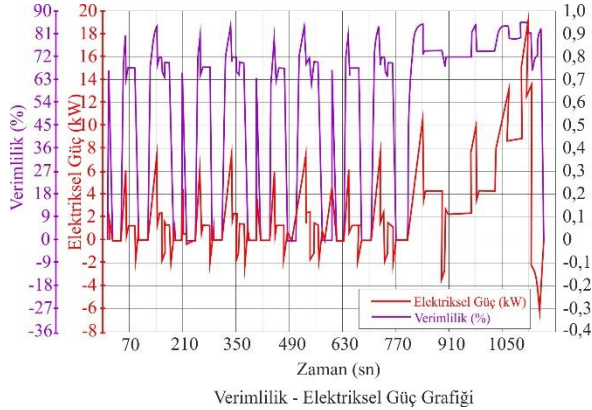
Şekil 11. YASÇ çevriminde elektrikli araç motorunun hız ve mekanik gücü

Şekil 12'de elektrikli araç motorunun akımı ve gerilimi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Elektrik motorunun elektriksel gücünü denklem (11) de verildiği gibi çözümlenmektedir.



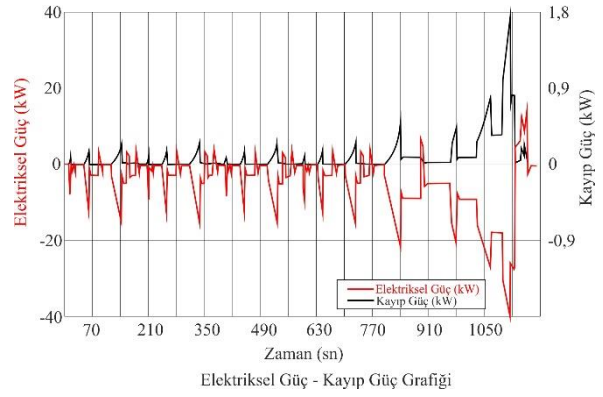
Şekil 12. Elektrikli araç motorunun akımı ve gerilimi

Şekil 13'de aracın elektriksel gücü ile verimliliği karşılaştırılmıştır. İçten yanmalı motorlu araçlarda olduğu gibi elde edilen gücün bir kısmı ısıya daha az dönüştüğünden verimlilik elektrikli araçlarda çok yüksektir ve elektriksel güç ile mekanik güç arasında çok büyük bir farklılık yoktur. Verimlilik denklem 12'deki gibi çözülmektedir.



Şekil 13. YASÇ çevriminde elektrikli araç motorunun elektriksel güç ve verimi

Şekil 14'de elektrikli aracın bataryasından istenilen güç kaybının az, elektriksel gücün yüksek olmasıdır. Elektrik motorları bataryada ki gücü kullanacağından elektriksel güç verilerde eksi olarak alınmış kayıplar artı olarak alınmıştır. Ayrıca elektriksel gücün arttığı kısımlar aracın durduğu anlardır.



Şekil 14. YASÇ çevriminde zamana göre elektrikli araç bataryasının elektriksel gücü ve güç kaybı

5. Tartışma

1,3 litre dizel İYM ile EA halinin simülasyonu gerçekleştirildikten sonra motorlarının torkları kıyaslandığında EA'nın torku İYM araca göre daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. İki aracın motorlarının hızlarında fazla bir değişiklik olmaz iken güçleri kıyaslandığında İYM aracın gücü zamanla artarken EA'nın gücü zamanla artıp bir süre sonra sabit kalmıştır. EA'nın YASÇ çevriminde simülasyonu yapıldığında hız ve mekanik güç verilerinden birbirini karşıladığı motordan alınan gücün araca hız olarak döndüğü görülmektedir. Akım-Gerilim eğrisinden elde edilen elektriksel güç mekanik güç verileriyle örtüşmektedir. Verimin yüksek olmasının sebebi aracın kayıplarının yok denecek kadar az olmasıdır. Bu durum aracın gücüne ve hızına yansımaktadır. İYM'den EA'ya dönüştürülmesi durumunda aracın performansında bir kayıp oluşmazken daha çevreci bir araç elde edilebileceği ortaya çıkmaktadır. Farklı tipteki elektrik motorları ve bataryalar her arabada olduğu gibi bu arabada da performansı etkilemektedir.

6. Kaynaklar

- Ünlü, N., Karahan, Ş., Tür, O., Uçarol, H., Özsu, E., Yazar, A., Turhan, L., Akgün, F., Tırıs, M. (2003). Elektrikli Araçlar. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Gebze.

2. İnternet Kaynağı: https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektrikli_otomobil
3. Sayın, A.A., Yüksel, İ. (2011). Elektrikli Renault Fluence Aracı, Lityum-iyon Bataryasının Modellenmesi ve Batarya Yönetimi, *Mühendis ve Makine*, **52(616)**, 75–82.
4. Leitman, S., Brant, B. (2008). Build Your Own Electric Vehicle, McGraw-Hill Companies, USA.
5. Keskin, F. (2014). Yakıt Pilli-Bataryalı Hibrid Bir Elektrikli Araçta Enerji Yönetiminin Sağlanması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
6. İnternet Kaynağı: <http://www.otovolt.com>
7. Meilan, Z., Liping, Z., Yu, Z., Zhaoming, G., Rongjie, P. (2015). Pure Electric Vehicle Power-Train Parameters Matching Based on Vehicle Performance, *International Journal of Control and Automation*, **8(9)**, 53-62.
8. Zeraoulia, M., Benbouzid, M.E.H., Diallo, D. (2006). Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, **55(6)**, 1756-1764.
9. Jin, L.Q., Cai, W.B. (2012). Study on Fuzzy Control for Starting Torque of Vehicle with Motorized Wheels, *IEEE 7th International Power Electronics and Motion Control Conference*, China.
10. Çınar, M.A., Gündoğan, Ç., Kuyumcu, F.E. (2004). Elektrik Tahrikli Taşıtlar İçin Çekiş Kontrol Sistemi Simülasyonu, *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO2004)*, Bursa.
11. Zhiwei, W., Jianlong, Z., Lei, J., Hongjie, W., Chengliang, Y. (2012). The Energy Efficiency Evaluation of Hybrid Energy Storage System Based on Ultra-capacitor and LiFePO₄ Battery, National Engineering Laboratory for Automotive Electronic Control Technology, Shanghai Jiao Tong University, **11(3)**, China.
12. AVL Cruise. 2009. Theory manual, AVL list GmbH, Graz, Austria, document no. 04.0108.2009, **6**, 2009.
13. Katsuhiko, O. (1997). Modern Control Engineering 3e, Prentice Hall, USA.