



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Elektrikli Araçlarda Ultra Kapasitör Kullanımı ve Uygulanabilirlik Durumunun Değerlendirilmesi

 Çağatay TAŞDEMİRÇİ^{a,*},  Arif ÖZKAN^a

^a *Biyomedikal Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TURKEY*

* *Corresponding author's e-mail address: cagatay.tasdemirci@kocaeli.edu.tr*

DOI:10.29130/dubited.840542

ÖZET

Petrolde üretilen fosil yakıtların doğaya olan olumsuz etkileri nedeniyle günümüzde alternatif enerji kaynaklarının daha verimli ve yaygın kullanılması önem kazandı. Taşıtlarda fosil yakıtların kullanımdan uzaklaşmak istenmesi, elektrikli taşıtların yaygınlaşmasını ve bu alanda yapılan çalışmaları hızlandırdı. Elektrikli taşıtlar konusunda yapılan çalışma ve araştırmalar beraberinde “şarj süresi, maksimum menzil, maliyet ve farklı depolama yöntemleri” gibi başlıkların öneminin artmasına neden olmuştur. Günümüzde, bir saati bulan şarj süreleri ve içten yanmalı motor kullanan araçlara göre düşük menzillere sahip olmaları elektrikli araçların yaygın kullanımının önündeki büyük engellerdendir.

Elektrikli araç teknolojisinin ilerlemesi beraberinde yeni depolama ve şarj sistemleri üzerinde araştırmaların yapılmasını da beraberinde getirmiştir. Modern enerji depolama sistemlerine bir örnek de ultra kapasitörler olmuştur. Bu kapasitörlerin şarj ve deşarjlarında akım sınırının olmaması ve büyük kapasiteleri erişebilmesi batarya teknolojisine alternatif olarak görülmelerini sağlamıştır. Fakat yüksek şarj akımlarına dayanacak iletkenlerin gerekmesi, depolanan enerjinin zaman içerisinde kaybolması ve yüksek kapasitelere çıkılma zorluğu aşılması gereken sorunlardır.

Bu çalışmada elektrikli taşıtlara için alternatif olabilecek, enerjinin ultra kapasitörlerle depolandığı model bir araç tasarlanmıştır. Kullanılan manyetik şarj sistemleri (kablolu şarj) ile kısa süreli ve duraklamasız şarj imkanı elde edilmiştir. Üretilen model araç ve şarj istasyonu, klasik bataryalı araç ve bağlantılı hızlı şarj sistemli model ile karşılaştırılmış, avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli taşıt, hızlı şarj, kablosuz şarj, ultra kapasitör

Use of Ultra Capacitors in Electric Vehicles and Evaluation of Applicability

ABSTRACT

Due to the negative effects of fossil fuels produced from petroleum on nature, more efficient and widespread use of alternative energy sources has gained importance today. The desire to avoid the use of fossil fuels in vehicles has accelerated the spread of electric vehicles and the studies done in this field. Studies and researches on electric vehicles have led to an increase in the importance of topics such as "charging time, maximum range, cost and different storage methods". Nowadays, charging times of up to one hour and having lower ranges compared to vehicles using internal combustion engines are major obstacles to the widespread use of electric vehicles.

The advancement of electric vehicle technology has led to research on new storage and charging systems. An example of modern energy storage systems is ultra-capacitors. The fact that these capacitors do not have a current limit in their charge and discharge and that they can reach large capacities have made them seen as an alternative to battery technology. However, the need for conductors to withstand high charging currents, the loss of stored energy over time, and the difficulty of reaching high capacities are problems that need to be overcome.

In this study, an alternative to electric vehicles, a model vehicle in which energy is stored with ultra capacitors is designed. With the magnetic charging systems (wireless charging) used, short-term and non-stop charging has been achieved. The model vehicle produced and the charging station were compared with the conventional battery-powered vehicle and the connected fast charging system model, and their advantages and disadvantages were examined

Keywords: *Electric vehicle, fast charging, ultra capacitor, wireless charge*

I. GİRİŞ

Karbon bazlı yakıtların ve petrol ürünlerinin doğayı kirletmesi sebebi ile günümüzde alternatif ve temiz enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Özellikle yüksek egzoz emisyonları nedeniyle, otomobil sektöründe bu değişimin çok daha erken ve hızlı görülmeye başlanmıştır. Otomobil firmalarının büyük çoğunluğu elektrikli ve hibrit taşıt modelleri çıkartmaya başlamış ve bu yönde yatırımlarını arttırmıştır [1].

1800'lü yıllara kadar dayanan elektrikli araç çalışma ve tasarımı son 10 içerisinde önemli artış göstermektedir. Elektrikli araçların küresel satışları 2010'da 10.000'in altındayken 2016'da 774.000'e yükselmiştir [2, 3]. Araç elektrifikasyonu artık neredeyse tüm karayolu taşımacılığı için ana dekarbonizasyon yolu olarak görülmektedir. Kentsel hava kalitesinin kötüleşmesi, birkaç ülkenin, elektrikli araçlarla değiştirilmesi gereken içten yanmalı motorlu araçların satışını yasaklama niyetlerini duyurmalarına da yol açmıştır [4, 5].

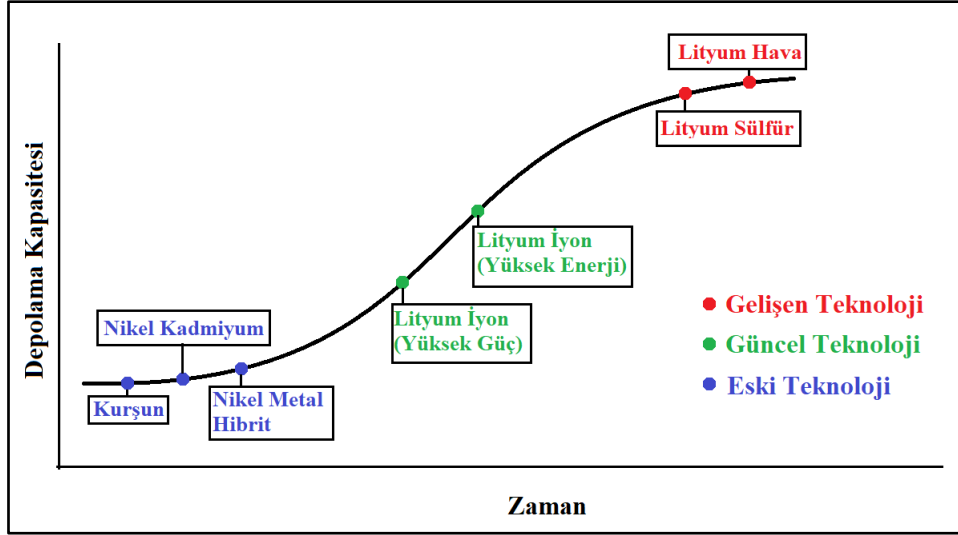
Elektrikli araçların yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel şarj süreleri ve kısa menzilleridir. Daha yaygın şarj istasyonu gereksinimleri vardır. Bu sorunların en büyük sebebi batarya kapasiteleridir. Batarya teknolojisinin gelişmesi büyük miktarda enerjiyi küçük hacimlerle depolama imkanı sağlamıştır. Uzun raf ömürlerinin olması, uzun süreler enerjiyi kayıpsız depo edebilme imkanı vermelerinin yanında düşük şarj-deşarj çevrimlerinin olması, uzun şarj süreleri bataryaların yerine alternatif enerji depolama yöntemlerinin araştırılmasına sebep olmuştur [6-9].

Bataryalara alternatif olabilecek en teknolojilerden biri de ultra kapasitörlerdir. Şarj-deşarj çevrimlerinin çok yüksek olması ve çok kısa sürede kapasitesinin %80'ine şarj olabilmesi bataryalara alternatif olmasını sağlamıştır. Fakat aynı boyutlardaki bataryalardan daha küçük kapasitelerde olması ve kısa süreli enerji depolama imkanı sunmaları nedeniyle henüz bataryaların yerini almaktan uzak oldukları düşünülmektedir [10-13].

II. ELEKTRIKLI TAŞITLAR

A. ELEKTRIKLI ARAÇLARDA BATARYALAR

Günümüzde elektrikli araçlarda Lityum iyon (Li-ion), Lityum iyon polimer (Li-Po), Sodyum Nikel Klorür (NaNiCl), Lityum demir fosfat (LiFePO₄), Çinko Hava (Zn-air), Lityum sülfür (LiS), Lityum hava (Li-air) bataryalar kullanılmaktadır. Lityum elementinin bataryalarda kullanılmaya başlaması çok daha büyük depolama imkanları ile hızlı şarj sistemlerini beraberinde getirmiştir. Şekil 1'de batarya teknolojisinin gelişimi gösterilmiştir [14-16].



Şekil 1 Batarya teknolojisinin gelişimi

Elektrikli araçlar yüksek şarj süreleri ve düşük menzilleri ile içten yanmalı araçları yakalayamasa da, teknolojinin ilerlemesi ile ciddi bir alternatif haline gelmişlerdir. Üretici teknik bilgilerinden alınan ve Tablo 1’de gösterilen değerlere bakıldığında 30 dakikalık şarj süreleriyle 400 kilometreye (km) varan sürüş sağlandığı görülmektedir. Bataryaların tam dolum süreleri yerine %80 dolum süreleri ve dakikalık dolum ile gidilebilecek yol (km) verisi değerlendirme açısından büyük önem arz etmektedir.

Tablo 1 Farklı Modellerin Menzil ve Şarj Süreleri

| Model | Batarya Kapasitesi (kWh) | Maksimum Menzil (km) | %80 şarj için gerekli süre (dakika) | 1 dakikalık şarj ile elde edilen menzil (km, %80 dolulukda) |
|------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------|---|
| Tesla Model S | 100 | 610 | 55 | 17,4 |
| Porsche Taycan Turbo S | 93 | 405 | 22,5 | 14,4 |
| Audi E-Tron 5S | 95 | 400 | 30 | 10,7 |
| Mercedes EQC 400 | 80 | 434 | 35 | 9,9 |
| Jaguar I-Pace | 90 | 470 | 40 | 9,4 |
| Tesla Model 3 | 75 | 530 | 55 | 7,7 |
| Hyundai Kona | 64 | 440 | 54 | 6,6 |

2020 yılında batarya teknolojisinin çok ilerlemiş olduğunu görülmektedir. Günümüzde kullanılan hızlı şarj sistemleri ve lityum bazlı bataryalar sayesinde 100kWh kapasitelerin 30 dakika gibi sürelerde şarj edilebileceği görülmektedir [17, 18].

B. ULTRA KAPASİTÖRLER

Ultra kapasitörler kısa sürelerde şarj olma özelliğine sahip olmalarına rağmen, eşdeğer kapasitedeki bataryalardan büyük olma ve zaman içerisinde deşarj kayıplarının olması nedenleriyle bataryaların yerini alabilme yetisine henüz sahip olmadıkları görülmektedir [19-21]. Denklem 1’de kapasitörlerin enerji depolama kapasiteleri verilmiştir.

$$\frac{1}{2} * C * V^2 = J(\text{joul}) \text{ yada } Ws (\text{watt saniye}) \quad (1)$$

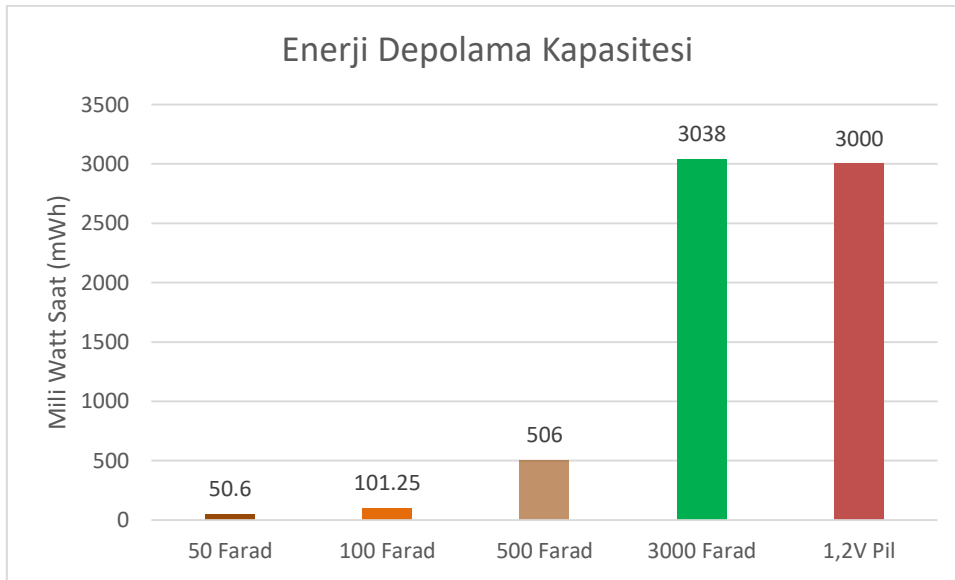
50, 100 ve 3000 faratlık (F) kapasitörler için kapasitelerini hesaplanmış ve Denklem 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

$$\frac{1}{2} * 50 * 2,7^2 = 182,25 \text{ Ws(watt saniye) yada } 50,6 \text{ mWh (mili watt saat)} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} * 100 * 2,7^2 = 364,5 \text{ Ws yada } 101,25 \text{ mWh} \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} * 3000 * 2,7^2 = 10935 \text{ Ws yada } 3038 \text{ mWh} \quad (4)$$

Şarjlı piller 1,2 V olup ortalama 2400 mAh enerji depolayabilmektedir. Bu da 3000 mWh etmektedir. Farklı kapasitörlerin ve 1,2 V AA pilin enerji depolama kapasiteleri Şekil 2'de verilmiştir.



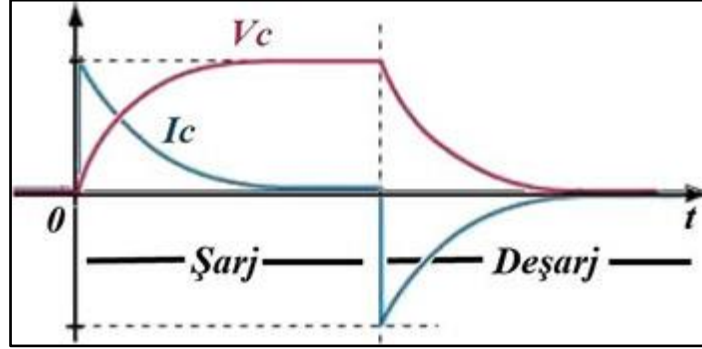
Şekil 2 Farklı kapasitörlerin enerji depolama karakteristiği

Denklem 4 incelendiğinde görülmektedir ki 3000 F bir ultra kapasitör, 1,2 V – 3000 mWh AA kalem pil kadar enerji depolayabilmektedir. Fakat boyutları incelendiğinde AA pil ile 3000 F ultra kapasitör arasında 10 kata yakın boyut farkı olduğu görülmektedir. Şekil 3'de AA pil ile 3000 F kapasitör görülmektedir.



Şekil 3 Kalem pil ile 3000 F ultra kapasitör

Kapasitörler teoride sonsuz akım ile şarj olabilirler. Bu da saniyeler içinde maksimum enerji depo edebildiklerini göstermektedir. Kapasitörlerin şarj-deşarj grafiği Şekil 4 de verilmiştir.



Şekil 4 Kapasitör şarj – deşarj grafiği [8]

500 F bir kapasitör 5 A akım ile şarj edildiğinde tam kapasiteye yakın şarj olmasının 30 saniye süreceği ölçülmüştür. Aynı kapasitedeki bataryaların şarj süreleri yarım saati bulabilmektedir [22-24].

III. MATARYEL METOT

A. ELEKTRİKLİ ARAÇ MODELİ

Bu çalışmada, model bir araç da 3 V batarya yerine 2,7 V 500 F ultra kapasitör kullanılmıştır. Kapasitör aracın gövdesi içine batarya uçlarına yerleştirilmiştir. Araçta kullanılan mikro dc motor 1,5 V regülatör devresi üzerinden beslenmektedir, maksimum 0,3 A akım çektiği ölçülmüştür.

Uzaktan kumanda sistemine sahip aracın kumanda sisteminin voltaj değişiminden etkilenebileceği düşünüldüğünden araç sabit ve dairesel hareket yapmaktadır. Kullanılan model araç Şekil 5’de görülmektedir.



Şekil 5 Çalışmada kullanılan model araç

B. KABLOSUZ ŞARJ SİSTEMİ

Şarj sistemi için aracın altına akıllı telefonlarda kullanılan kablosuz şarj alıcısı monte edilmiştir. Şarj alıcısı ultra kapasitörü doldurmaktadır. Alıcı 4.5 V gerilim ve 1 A akım verebilmektedir. Alıcı 3V voltaj regülatörü ile kullanılmış, ultra kapasitör üzerine gelen gerilim 2,8 V olarak ölçülmüştür. Kablosuz şarj alıcısı Şekil 6’da verilmiştir.



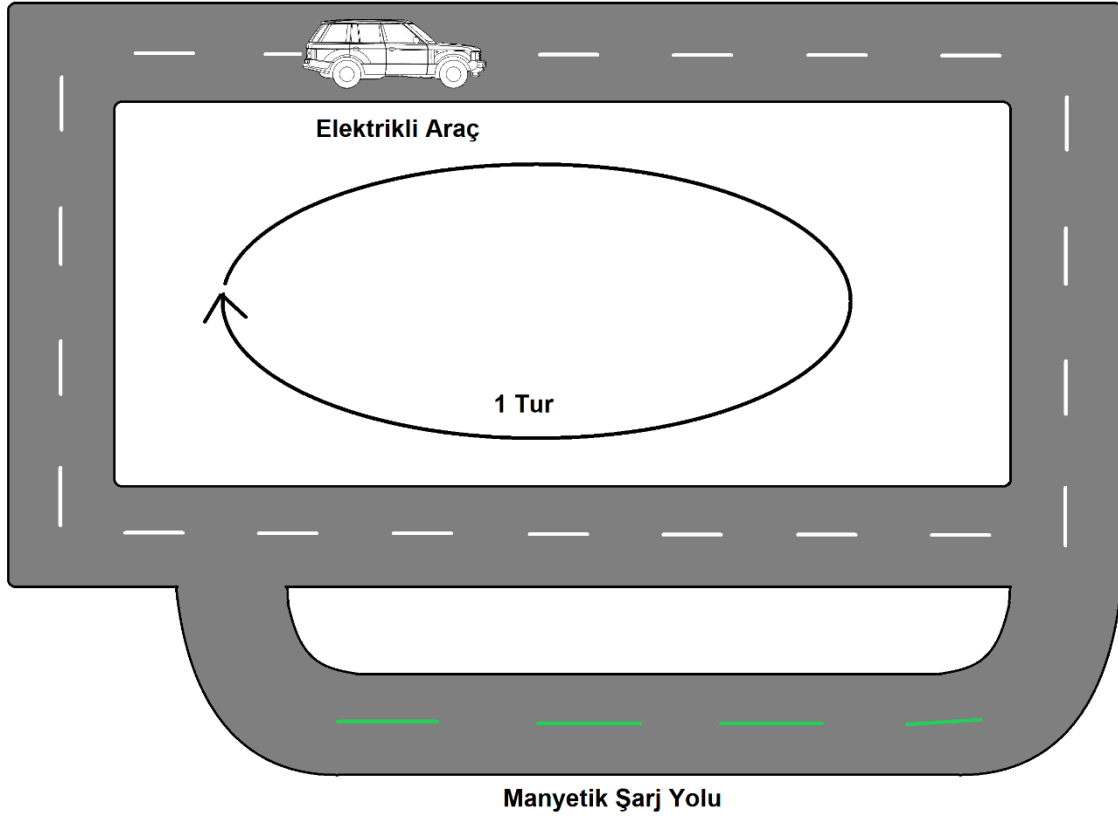
Şekil 6 Kablosuz şarj alıcısı

Aracı şarj etmek için maksimum 5 Amper verebilen akıllı telefonlar için kullanılan manyetik şarj sistemi kullanılmıştır. Manyetik şarj sistemi ile araç duraksamadan şarj edilebilecek ve kesintisiz uzun süreli sürüş sağlanmış olacaktır. Yeterli şarj süresi sağlanması ve şarj verimliliği açısından araç manyetik şarj istasyonu boyunca sabit ve düşük hızla hareket ettirilmiştir. Manyetik şarj sistemi Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7 Manyetik şarj sistemi

Tasarlanan şarj yolu sistemi ve ultra kapasitörlü elektrik araç modeli ile birkaç saniyelik şarj ile aracın pist üzerinde aldığı yol değerlendirilmiştir. Aracın pist üzerinde harekete başlayıp, başladığı noktaya gelmesi 1 tur olarak değerlendirilmiştir. Araç 1 turunu 1 dakika altında tamamlamakta, dolayısıyla şarj bitimi sebebiyle hareketsiz kalma durumu yaşanmamaktadır. Şekil 8’de şematik olarak yol tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 8 Ultra kapasitörlü elektrikli araç ve manyetik şarj yolu

IV. SONUÇ

Araç da kullanılan 500 F ultra kapasitör 506mWh enerji depolayabilmekte olup, 2,8 V ve 1 A ile 3 dakikada tamamen dolduğu ölçülmüştür. Yapılan testler sonucu sert ve eğimsiz zeminde aracın ortalama 0,25 A akım çektiği gözlemlenmiş olup, 3 dakika manyetik şarj ile 30 dakika hareket kabiliyeti verdiği gözlemlenmiştir. Araç farklı akım değerleri ve sürelerde şarj edilmiş ve dairesel hareket sağlanarak deşarjı sağlanmıştır. Farklı akım değerlerine ilişkin şarj ve deşarj süreleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2 Farklı akım değerleri ile farklı sürelerde şarj-deşarj karakteristiği

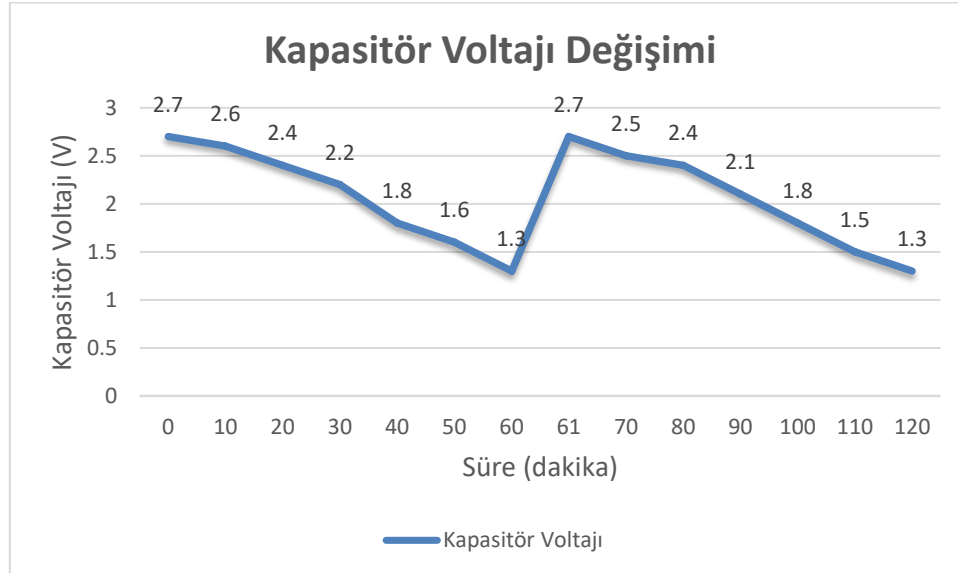
| Şarj Akımı (Amper) | Tam dolum Şarj Süresi (Saniye) | Şarj Edilen Süre (Saniye) | Hareket Süresi (Dakika) |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1A | 195 | 180 | 20 |
| 2A | 95 | 80 | 18 |
| 4A | 48 | 40 | 18 |
| 5A | 26 saniye | 20 saniye | 15 dakika |

Ultra kapasitör şarj karakteristiği lineer olmadığından dolayı, 1 A şarj akımı değerinde (manyetik şarj sisteminin maksimum 1A akım vermesi sebebi ile) farklı sürelerde şarj ile elde edilen maksimum hareket süresi Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3 Farklı akım değerleri ile farklı sürelerde şarj-deşarj karakteristiği

| Şarj Akımı (Amper) | Tam dolum Şarj Süresi (Saniye) | Şarj Edilen Süre (Saniye) | Hareket Süresi (Dakika) |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1A | 195 | 180 | 20 |
| 1A | 195 | 80 | 11 |
| 1A | 195 | 40 | 9 |
| 1A | 195 | 20 | 3 |

Ultra kapasitörlerin seri ve paralel bağlanmasından kapasitör bankaları elde edilmiş olup, boyutlarının büyük olması araç içine montaj imkanını engellemiştir. Fakat hareketsiz ve yük altında yapılan testler sonucunda 1000 F, 5,4 V kapasitör bankası ile 60 saniye 5 amper şarj ile 1 saat kesintisiz hareket sağlanmıştır. Aracın şarjdeşarj sürelerine ilişkin veriler Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9 Ultra kapasitör zamana bağlı gerilim değişimi

Elektrikli araçlara bir diğer örnekte hidrojenli araçlardır. Hidrojenli araçlarda elektrik hidrojen ve oksijenin birleşmesinden elde edilmektedir [25, 26]. Hidrojenli araçlarda enerji geri kazanımı imkanı eklenen batarya sistemi ile yapılmaktadır. Ultra kapasitörler hızlı şarj özellikleri ile hibrit taşıtlarda enerji geri kazanımı sistemi olarak bataryalar yerine kullanılabilir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda elektrikli araçlarda ultra kapasitör sistemi kullanımı değerlendirilmiştir. Elektrikli araçlarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan 50 kW 200-230V’da çalışan elektrik motor değerlendirilmede kullanılmıştır [27]. Kullanılan motoru enerjilendirmek için ultra kapasitör bankası tasarlanacak olursa, 270V 100kWs kapasitenin uygun olacağı öngörülmüştür. Tesla firmasının batarya verileri incelendiğinde 3,75V 3100 mAh bataryalardan 7104 adet kullanıldığı bilinmektedir (74 paralel grup, 6 ve 16’lı seri gruplarla birleştirilir) [28]. Boyutları benzerliğinden yola çıkarak 7000 adet 500 F kondansatörü, 270 V elde edecek şekilde guruplarsak Tablo 4’deki verileri elde edilir.

Tablo 4 7000 adet 500 farad kondansatörle 270V elde etmek

| | Kapasitör Sayısı | Kapasite | Voltaj |
|----------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| Seri Bağlantı | 100 adet | 506 mWh | 270Volt |
| Paralel Gurup | 70 adet | 35,420 Wh | 270Volt |
| Toplam | 7000 adet | 35,420 Wh | 270 Volt |

Elde edilen 270 V 35 Wh güç ünitesi ile 50kW'lık motorun 200 V altında 42 dakika kullanılabilceği ve 250 A akım çekeceği öngörülmektedir. Eğer güç ünitesi 270 V ve 2500 A ile beslenebilirse %80 dolulukta şarj süresinin 3 dakika olacağı görülmektedir.

V. TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan şarj sistemi iletken kesitleri artırılarak revize edilebilir. Bu sayede çok daha kısa sürelerde çok daha fazla enerji depolanabilecektir. Ayrıca kondansatör kapasitesi artırılabilir ve farklı model araçlar için yüksek voltajlı kondansatör üniteleri tercih edilebilir. Kapasitörlerin zaman içinde kendi kendine deşarj olması sistemin en büyük dezavantajıdır. Ayrıca aynı kapasitedeki bataryalardan büyük olması ve yüksek akım ile şarj gerektirmesi ultra kapasitörlerin kullanımını kısıtlayan etkiler olarak gözlemlenmiştir. Kapasitörlerin maksimum verebildikleri voltajın zamanla lineer azaldığı bilinmektedir. Bu nedenle kapasitörlerin şarj voltajının yarısına voltaj değerlerinde kullanılmaları uzun süreli sabit voltaj elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Yapılan manyetik şarj sistemi ile aracı durdurmadan hareket halinde şarj imkanı sağlanabilir ve kesintisiz uzun menzilli sürüş sayesinde bataryalı araçlardan daha verimli kullanım süresi elde edilebilir. Günümüzde kullanılan elektrikli araçların en büyük kısıtlamalarından birinin kesintisiz menzil sorunu olduğu bilinmektedir [9]. Fakat şarj süresi boyunca sınırlı hızda gidilmesi gerektiği olup, şarj imkanı veren yollara gereksinim olunması üzerine çalışılması gereken bir diğer sorundur.

Ultra kapasitörlerin aynı kapasitedeki bataryalardan büyük olmaları ve yüksek şarj akımlarına çıkılması konusundaki zorluklardan dolayı henüz doğrudan bataryaların yerini alamayacakları düşünülmektedir. Fakat hızlı şarj edilebilme özellikleri ile alternatif stratejiler ile bataryaların yerine kullanılabilir.

VI. KAYNAKLAR

- [1] J. Li, "Compatibility and investment in the U.S. electric vehicle market," Job Market Paper, 23 Ekim, 2017.
- [2] The Electric Vehicle World Sales Database, 2016, Electric Vehicle Plug-in Sales for 2016 [Online]. Available: <http://www.ev-volumes.com/news/global-plug-in-sales-for-2016/>
- [3] S. M. Knupfer, "Electrifying Insights: How Automakers Can Drive Electrified Vehicle Sales and Profitability," (McKinsey & Company), 2017.
- [4] F. Güven, H. Rende, "Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi", Engineer and Machinery, vol.58, pp.81-95, 2017.

- [5] A. Khaligh, Z. Li, "Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, fuel cell, and plug-in hybrid electric vehicles: State of the art," *IEEE transactions on Vehicular Technology*, vol.59, no.6, pp. 2806- 2814, 2010.
- [6] L. V. Pérez, G. R. Bossio, D. Moitre, G. O. García, "Optimization of power management in an hybrid electric vehicle using dynamic programming," *Mathematics and Computers in Simulation*, vol.73, no.1-4, pp.244-254, 2006.
- [7] J. Singh, B. Singh, R. Chaurasia, S. Sachan, "Performance investigation of permanent magnet synchronous motor drive using vector controlled technique. In Power, Control and Embedded Systems," (ICPCES), 2nd International Conference on Aralık 2012.
- [8] H. Gualous, D. Bouquain, S. Berthon, J. M. Kauffmann, "Experimental study of supercapacitor serial resistance and capacitance variations with temperature," *Journal of Power Sources*, vol.123, no.1, pp.86-93, 2003.
- [9] R. Karimpour, M. Karimpour, "Development of Hybrid Propulsion System for Energy Management and Emission Reduction in Maritime Transport System," *Open Journal of Marine Science*, vol.6, pp.482-497, 2016.
- [10] J. Moreno, M. E. Ortuzar, L. W. Dixon, "Energy Management System for an Hybrid Electric Vehicle, Using Ultracapacitors and Neural Networks," *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, vol.53, no.2, pp.614-623, 2006.
- [11] H. Özbay, "Şebeke Etkileşimli Yenilenebilir Enerji Destekli Hızlı Batarya Şarj Sisteminin Gerçekleştirilmesi," *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ElektrikElektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük*; 2017.
- [12] G. M. Freeman, T. E. Drennen, A. D. White, "Can parked cars and carbon taxes create a profit? The economics of vehicle-to-grid energy storage for peak reduction," *Energy Policy*, vol.106, pp.183 190, 2017.
- [13] Y. A. Shirazi, D. L. Sachs, "Comments on Measurement of Power Loss During Electric Vehicle Charging and Discharging," *Notable Findings For V2G Economics*, 2018.
- [14] M. M. Morcos, "Battery Chargers for Electric Vehicles," *IEEE Power Engineering Review*, vol.20, no.11, pp. 8-11, 2000.
- [15] A. Aydın, C. Yılmaz, R. Demirci, "Çembersel Doğru Akım Motoru Tasarımı ve Manyetik Analizi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c.7, ss 1351-1366, 2020.
- [16] E. Gören, "Hibrit ve elektrikli araçlar ile toplu ulaşımda enerji verimliliği," *National Energy Efficiency Forum, İstanbul, Türkiye*, ss.28-32, 2011.
- [17] Ü. Ağbulut, H. Bakır, "The Investigation on Economic and Ecological Impacts of Tendency to Electric Vehicles Instead of Internal Combustion Engines," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c.7, ss.25-36, 2019.
- [18] W. Liu, "Hybrid electric vehicle system modeling and control," *New York, ABD, John Wiley & Sons*, 2017.
- [19] M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, "Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles," *Florida, ABD, CRC press*, 2018.

- [20] J. Zhang, J. Yan, Y. Liu, H. Zhang, G. Lv, "Daily electric vehicle charging load profiles considering demographics of vehicle users," *Applied Energy*, 274, Article 115063, 2020
- [21] L. Wanga, X. Wamga, W. Yangd, "Optimal design of electric vehicle battery recycling network – From the perspective of electric vehicle manufacturers," *Applied Energy*, 275, Article 115328, 2020
- [21] H. Mehrjerdi, R. Hemmati, "Electric vehicle charging station with multilevel charging infrastructure and hybrid solar-battery-diesel generation incorporating comfort of drivers," *J Storage Mater*, vol.26, pp. 1009–1024, 2019.
- [23] H. Mehrjerdi, R. Hemmati, "Modeling and optimal scheduling of battery energy storage systems in electric power distribution networks," *J Cleaner Prod*, vol.234, pp.810–821, 2019.
- [24] L. Luo, W. Gu, S. Zhou, H. Huang, S. Gao, J. Han, "Optimal planning of electric vehicle charging stations comprising multi-types of charging facilities," *Appl Energy*, vol.226, no.1, pp.087–1099, 2018.,
- [25] M. Bornapour, R. A. Hooshmand, A. Khodabakhshian, M. Parastegari, "Optimal stochastic scheduling of CHP-PEMFC, WT, PV units and hydrogen storage in reconfigurable micro grids considering reliability enhancement," *Energy Convers Manage*, vol.150, pp.725–741, 2017.
- [26] H. Mehrjerdi, E. Rakhshani, "Correlation of multiple time-scale and uncertainty modelling for renewable energy-load profiles in wind powered system," *J Cleaner Prod*, 236, Article 117644, 2019.
- [27] C. Ulu, G. Komurgoz, "Elektrikli araç uygulamaları için 75 kW asenkron motor tasarımı," 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering, ELECO 2016 , Bursa, Turkey, pp.286-290, 2016
- [28] <http://teslaturk.com/tesla-bataryalarinin-gercek-kapasiteleri/> Erişim 10 Aralık 2020