Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi
Sayı 16, S. 235-241, Ağustos 2019
© Telif hakkı EJOSAT'a aittir
Araştırma Makalesi



www.ejosat.com ISSN:2148-2683

European Journal of Science and Technology
No. 16, pp. 235-241, August 2019
Copyright © 2019 EJOSAT
Research Article

Fiziksel Değişimlerin Li-ion Batarya Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Ömer Cihan Kıvanç[1*]

[1] İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0880-134X)

(İlk Geliş Tarihi 9 Nisan 2019 ve Kabul Tarihi 16 Mayıs 2019)

(**DOI:** 10.31590/ejosat.551456)

ATIF/REFERENCE: Kıvanç, Ö. C. (2019). Fiziksel Değişimlerin Li-ion Batarya Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 235-241.

Öz

Batarya teknolojilerindeki ilerlemeler ile birlikte li-ion bataryaların ağırlık, hacim başına depoladıkları enerji miktarı artmakta ve kontrol sistemlerinde önemli gelişmeler meydana gelmektedir. Bunun yanında li-ion batarya fiyatlarının düşmesi ile elektrikli araçlardan kullanıcı elektroniğine kadar birçok alanda li-ion bataryaların kullanım oranının arttığı görülmektedir. Ancak bu bataryaların yüksek performanslı kullanımı için sağlık, doluluk durumlarının sürekli takibi ve denetlenmesi gerekmektedir. Bu denetleme yaygın olarak hücrelerin gerilim, akım ve sıcaklık değerini kullanarak yapılmaktadır. Buna karşılık bataryanın güvenlik durumunun takibinde hücrelerin şişmesi ve fiziksel yıpranmalarında bir fonksiyon girdisi olarak kullanılması gerekmektedir. Özellikle taşınabilir telefon, bilgisayar gibi cihazlarda kullanıcının doğrudan bataryaya temas etmesi güvenlik problemi yaratmaktadır. Kullanıcıların sahip olduğu farklı şarj cihazları kullanma, hızlı şarj ve şarj esnasında kullanım alışkanlıkları sebebiyle bu güvenlik problemleri artmaktadır. Ayrıca elektrikli araçlarda seri/paralel paketlenen hücreler şişerek komşu hücreler üzerindeki basıncı arttırmaktadır. Yapılan çalışmada gerinime bağlı değişimlerin gözlemlenmesi ve etkilerinin incelenmesi amacıyla yüksek hassasiyetli gerinim, sıcaklık sensörü ve Z-Wave haberleşme modülüne sahip bir sistem tasarlanmıştır. Pazarda yaygın olarak kullanılan bir taşınabilir telefonun bataryası üzerinde yaşlandırma testleri yapılmış ve 4.58 mm şişme sağlanmıştır. Fiziksel değişime maruz kalmış batarya ile yeni bataryanın davranışları aynı şarj/deşarj döngülerine tabi tutularak şişmenin etkileri sunulmuştur. Yapılan ölçümler ile sıcaklık, şişme miktarı, açık devre gerilimi ve şarj/deşarj süresinin değişim miktarları detaylıca belirtilmiştir. Şişmeye maruz kalmış bataryanın şarj ve deşarj sırasında şişme miktarının değişimi ile yüzeyde ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar sebebiyle kullanıcı için tehlikelerin ortaya çıktığı gösterilmiştir. Bu durum taşınabilir telefonlar ve bilgisayarlarda bir güvenlik faktörü olarak şişmeninde sürekli takip edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Li-ion batarya, Batarya şişmesi, Güvenlik durumu, Sağlık durumu.

Investigation of the Effects of Physical Changes on Li-ion Battery

Abstract

With the advances in battery technologies, the li-ion battery's amount of energy storage per unit volume and weight increases and significant improvements occur in their control systems. Besides, the usage rate of li-ion batteries increases due to the decrease in prices of li-ion batteries in many areas from electric vehicles to user electronics. However, for high-performance use of these batteries, continuous monitor and control of their states of health and charge are needed. This control is commonly performed by using the voltage, current and temperature of the cells. In contrast, swelling and physical deformations of the cells should be used as function inputs in the monitoring of the state of safety condition. Especially for devices such as mobile phones and portable computers which directly touch to person, causes serious safety problems. In addition, the user's various usage habits which are using different battery chargers, fast charging and using in the charging process, lead to safety problems. In addition, in the electric vehicles, the series/parallel packaged cells swell and thus increase the pressure on the neighboring cells. In this study, a system with a high

[*] Sorumlu Yazar: İstanbul Okan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0880-134X, cihan.kivanc@okan.edu.tr

precision strain gauge, temperature sensor and Z-Wave communication module has been designed to observe the effects of strain changes and to investigate their effects. Aging tests have been performed on one single battery used in the market and a 4.58 mm swelling has been achieved. The behavior of the new battery and aged battery which has physical deformation is applied to the same charge/discharge cycles and the effects of the swelling are presented. Measurements of temperature, swelling amount, open circuit voltage and charge/discharge time of the amount of change are stated in detail. It has been shown that dangers occur for the user due to the high temperatures on the surface caused by the amount of swelling of the battery exposed to swelling during charge and discharge. This situation reveals the necessity of continuous monitoring of the swelling as a safety factor in mobile phones and portable computers.

Keywords: Li-ion battery, Battery swelling, State of safety, State of health.

1. Giriş

Li-ion bataryalar gerek yüksek güçlü uygulamalarda gerekse de taşınabilir düşük güçlü uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2014). Bunun en önemli sebebi li-ion pillerin sahip olduğu yüksek güç yoğunluğu ve yüksek verimli şarj/deşarj karakteristiğine sahip olmasıdır (Horiba, 2014). Bütün avantajlarına rağmen özellikle fiziksel zorlanmalara karşı dayanımlarının düşük olması, uygulamalara özgü ek güvenlik önlemleri alınması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır (Berecibar ve ark., 2016). Örneğin, elektrikli araçlarda hücrelerin iyi paketlenmesine ve darbelere karşı koruyucu güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Knobloch ve ark., n.d. & Koch ve ark., 2018). Buna karşılık taşınabilir mobil cihazlarda fiziksel darbe ve değişimlere karşı sadece koruyucu kılıflar kullanılmaktadır. Ancak taşınabilir telefon ve bilgisayar gibi sistemlerde orijinal şarj cihazının kullanılmaması, düzensiz şarj ve şarjdayken bu cihazların kullanımı bataryanın şişmesine sebep olarak batarya patlamasına ve ömür, kapasite azalmasına neden olmaktadır (Hoque ve ark., 2015). Özellikle kullanıcı ile doğrudan temas eden bu cihazlar olası batarya patlamalarında ciddi yaralanmalara sebep olabilmektedir. Mobil cihazlarda ortaya çıkan tehlikelerin tahmin edilmesi ve önleyici fonksiyonlar çoğunlukla açık devre gerilimi ve sıcaklık ölçümleri ile yapılmaktadır (Hoque & Tarkoma, 2015). Daha ileri ve karmaşık sistemlerde ise batarya sağlık durumu üzerine çoğunlukla iç direnç ve kapasite ölçümleri ile öngörüler yapılmaktayken şişmeninde bir batarya sağlık fonksiyonu parametresi olarak kullanılması ise yaygın değildir (Berecibar ve ark., 2016 & Zhang ve ark., 2018).

Literatürde genel yaklaşımın her ne kadar sağlık durumu, doluluk durumu ve kalan ömür tahminine odaklandığı görülse de son yıllarda güvenlik durumununda incelendiği çalışmalar yer almaktadır (Gor ve ark., 2015). (Hoque & Tarkoma, 2015)'de farklı model ve farklı kullanım sürelerine sahip mobil cihazların bataryaları üzerinde ömür ve açık devre gerilimi ilişkisi üzerine testler yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ile ömür, güvenlik, pil kapasitesi ve bunun telefon kullanıcılarına olan olumsuz etkileri sunulmuştur. (Oh ve ark., 2016)'da mekanik zorlanmalar ve şarj/deşarj eğrisi ilişkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda li-ion hücreler paketlendiğinde ortaya çıkan zorlanmanın kapasite kaybı, bozulma ve olası arızalara sebep olduğu gösterilmiştir. Özellikle mekanik zorlanmanın en önemli sonucu olan şişmenin modeli kurularak şarj/deşarj sırasındaki yer değiştirme ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda mekanik zorlanmanın şarj ve sağlık durumu ile olan ilişkisi detaylıca sunulmuştur. (Wang ve ark., 2014)'de şarj ve sağlık durumu fonksiyonlarına ek olarak güvenlik durumu için bir fonksiyon oluşturulmuştur. Geliştirilen fonksiyonun girdisi olarak gerilim, sıcaklık ve mekanik bozulmaları ölçen sensörler kullanılmıştır. Yapılan ölçüm ve tahminler ile yaşlanma ve doğal patlama durumları incelenmiştir. (Castillo ve ark., 2016)'da gerçek bir uygulama için deneysel ve uygulanabilir batarya modelleri kullanılarak sağlık durumu analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda yüksek hassasiyetli ölçüm kabiliyeti ile hücrelerin yaşam tahmini, batarya yönetim sisteminde bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır. (Lee ve ark., n.d.)'de yüksek sıcaklıklarda batarya şişmesini algılayıcı bir sistem geliştirilmiştir. Sistemden elde edilen veriler ile şişmenin %80 ve üzeri şarj durumunda arttığı gözlenmiştir. (Farmer ve ark., 2014)'de uzay çalışmalarında kullanılan li-ion hücrelerin her birinin iç basıncının izlenebilmesi için gerinim ölçer ve sıcaklık sensörü bluetooth haberleşme protokolü üzerinden denetlenmektedir. Böylelikle her bir hücrenin denetleme işlemi kablolar yerine kablosuz haberleşme ile yapılmakta ve karmaşıklık ortadan kaldırılabilmektedir. (Zhan ve ark., 2013)'de ise batarya şişmesi yüzey tanımlama analizi ile görüntü işleme tekniği kullanılarak yapılmaktadır. Çalışmada yüzey aydınlatmasındaki yansıma açıları kullanılarak oluşan gerinimler ölçülebilmektedir. (Cheng & Pecht, 2017)'de mikro-gerinim ölçme sensörleri ile hücre yaşlanması ve sağlık durumu ilişkisi analizi yapılmıştır. Çalışmada büyük veri hesaplama tekniği ile elektrotlarda ki mikro-dinamik etkenler ve sonuçlar sunulmuştur. (Knobloch ve ark., n.d.)'de sıcaklık ve şişme arasındaki ilişki farklı şarj çevrimleri için sunulmuştur. Çalışmada hücredeki 6 °C sıcaklık değişiminde 3.5 μm yer değiştirme gözlenmiştir. (Zhao ve ark., 2019)'da ise yavaş ve hızlı şarjın şişmeye olan etkileri sunulmuştur. Yüksek deşarjda yerel bazı noktalarda %2 üzerinde hücre kalınlığının arttığı görülmüştür. Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde yaşlandırma yöntemi ile şişirilmiş bir bataryanın şarj ve deşarj sırasındaki performansı ve fiziksel değişimler karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Yapılan çalışmada ise yüksek hassasiyetli iki gerinim ölçme sensörü, sıcaklık sensöründen oluşan ve Z-Wave haberleşme protokolüne sahip bir modül geliştirilmiştir. Taşınabilir bir telefonda kullanılan aynı iki bataryadan biri yaşlandırma sürecine tabi tutularak fiziksel şişmesi sağlanmıştır. 4.58 mm şişmesi sağlanan batarya ile sağlıklı bataryaya sabit akım şarj/deşarj uygulanmış ve sıcaklık değişimi, açık devre gerilimi değişimi, şarj/deşarj zamanı ile gerinim miktarı değişimi sunulmuştur.

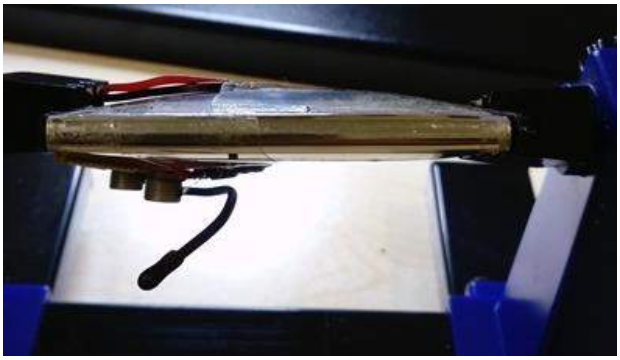
Çalışmanın geri kalan kısmında 2. başlıkta batarya yaşlandırma süreci ve test metodu sunulmuştur. 3. başlıkta yapılan testler ve araştırma sonuçları elde edilirken bu sonuçlar tartışmaya açılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en fazla şişmenin aşırı şarj esnasında meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca hücrelerden yüksek akım çekildiğinde bataryanın ısı kaynağı olarak davrandığı ve bu durumun hem hücrenin kendisi hem de çevresindeki olası komşu hücrelerde ısınmaya yol açacağı görülmüştür. Bu durumda elektrikli araç gibi uygulamalarda paketlenmiş bataryalar, birbirlerine ısı aktarımı yapabilmekte ve çalışma sıcaklığının dışına çıkma eğilimi gösterebilmektedir. Bu durumda özellikle şişme eğilimi gösteren hücreler ek ısı ile birlikte patlama riski taşımaktadır. Bu sıcaklık artışı ve şişme patlama dışında iç direnç artışına sebep olmakta ve bataryanın hızla boşalmasına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmaların sonucunda özellikle bu tehlikeler doğrultusunda paketlenmiş bataryaların her bir hücresinin anlık olarak fiziksel

değişimlerinin takip edilmesinin elzem olduğu ortaya çıkmıştır. Buna karşılık tek ya da iki hücreden oluşan mobil telefonlar ve bilgisayarların ise şişmesinin sürekli takip edilmesi olası tehlikelerin önlenmesini sağlayabilecektir.

2. Materyal ve Metot

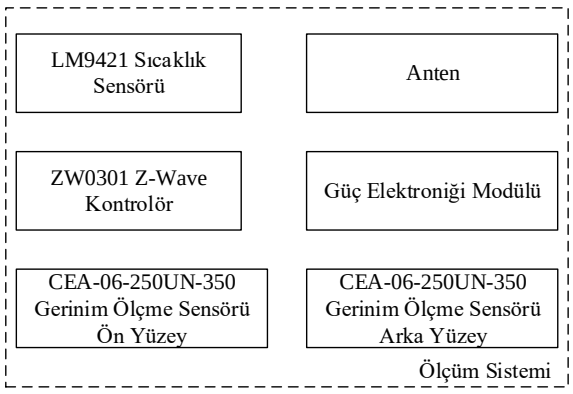
2.1. Batarya Yaşlandırma Süreci

Yaşlandırma testleri çoğunlukla farklı sıcaklıkta şarj/deşarj döngüleri ve farklı darbe gerilimleri uygulanarak yapılabilmektedir (Oh ve ark., 2014). Çalışmada da kullanılan li-ion bataryaya farklı ortam ve koşullarda yaşlandırma döngüleri uygulanarak eskimesi ve şişmesi sağlanmıştır. Bu testlerin amacı li-ion bataryaların kimyasal yapılarından ötürü farklı sıcaklıklarda farklı tepkiler verebilmesidir. Bu sebeple yaşlandırma testleri soğuk, sıcak ve normal sıcaklıklarda farklı şarj ve deşarj gerilimleri uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Ek olarak bataryanın sağlıksızlaştırılması ve şişkinleşmesi için farklı akım yüklerinde darbe testleri uygulanmıştır. Yapılan yaşlandırma testleri laboratuvar ortamında 26 °C, 45 °C ve 0 °C'de üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Her bir sıcaklık için aşırı şarj, normal şarj ve aşırı deşarj durumları için tekrarlanmıştır. Çalışmada şarj/deşarj esnasında sabit akım-sabit gerilim uygulanmış ve şarj akımı 1300 mA (0.5C), deşarj akımı 2600 mA (1C) değeriyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Yaşlandırılmış ve şişirilmiş bataryanın görünümü

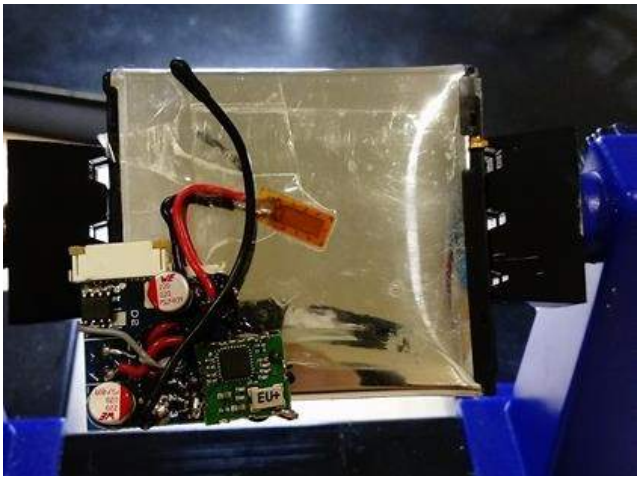
Yaşlandırmanın performansını ölçmek için iç direnç ve şişme miktarı ölçülmüştür. Başlangıç durumunda yeni bataryanın enerji kapasitesi 9.9 Wh ve toplam kalınlığı mikro-metre ile 5.34 mm olarak ölçülmüştür. Yaşlandırma testleri sonucunda toplam kalınlık 9.92 mm olarak ölçülmüştür. Ömrün azalması ise iç direncin ölçülmesi ile test edilmiştir. Bu yaklaşımın en önemli sebebi bataryaların yaşlandıkça kapasitesini kaybetmesi ve direnç değerinin artmasıdır. Başlangıç ve test sonucu yapılan ölçümlerde iç direnç değeri yaklaşık iki katına çıkmıştır. Şekil 1'de yaşlandırma testleri sonrası şişmiş ve fiziksel değişime uğramış bataryanın son hali görülmektedir.



Şekil 2. Tasarlanan modülün blok şeması

2.1. Test Düzeneğinin Kurulması ve Ölçüm Yöntemi Geliştirilmesi

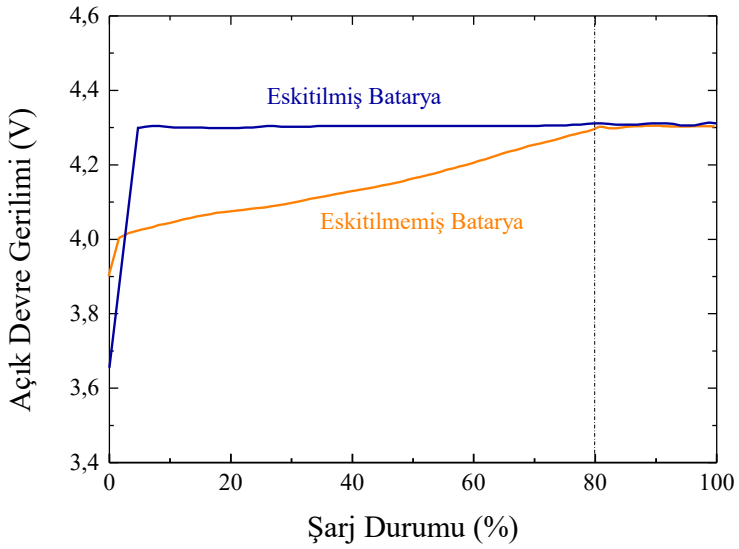
Yeni ve yaşlandırılmış bataryanın performansını izleyebilmek için Şekil 2'de tasarlanan modülün blok şeması gösterilmektedir. Bilindiği gibi batarya yönetim sistemleri çalışma esnasında bataryanın doluluk durumu, sağlık durumu ve kalan ömrünü takip edebilmektedir. Modern batarya yönetim sistemleri anlık çalışma değerlerini (gerilim, akım ve sıcaklık) ölçerek hücrelerin dengeli şarj/deşarjını sağlayarak performansı arttırmakta ve arıza tanıları koyabilmektedir. Tasarlanan sistem ise batarya yönetim sisteminden ziyade fiziksel değişimleri takip etmekte ve kullanıcıyı olası tehlikelere karşı uyarmaktadır. Şekil 2'de gösterilen şemada görüldüğü gibi sistem LM9421 sıcaklık sensörü, iki adet CEA-06-250UN-350 gerinim sensörü, ZW0301 Z-Wave kontrolörü, anten ve güç elektroniği modülünden oluşmaktadır. Gerinim ölçüm sensörü her iki yüzeyin orta noktasına yerleştirilmiş ve Wheatstone köprü devresi ile ölçüm yapmaktadır. Güç elektroniği modülü ise mikro-USB üzerinden ölçüm sisteminin ihtiyaç duyduğu güç ihtiyacını sağlamaktadır. Haberleşme protokolü olarak ise düşük güç tüketimi sebebiyle Z-Wave protokolü kullanılmıştır. Şekil 3'de batarya üzerine yerleştirilen ölçüm ve haberleşme modüllerinin yer aldığı elektronik kart gösterilmektedir.



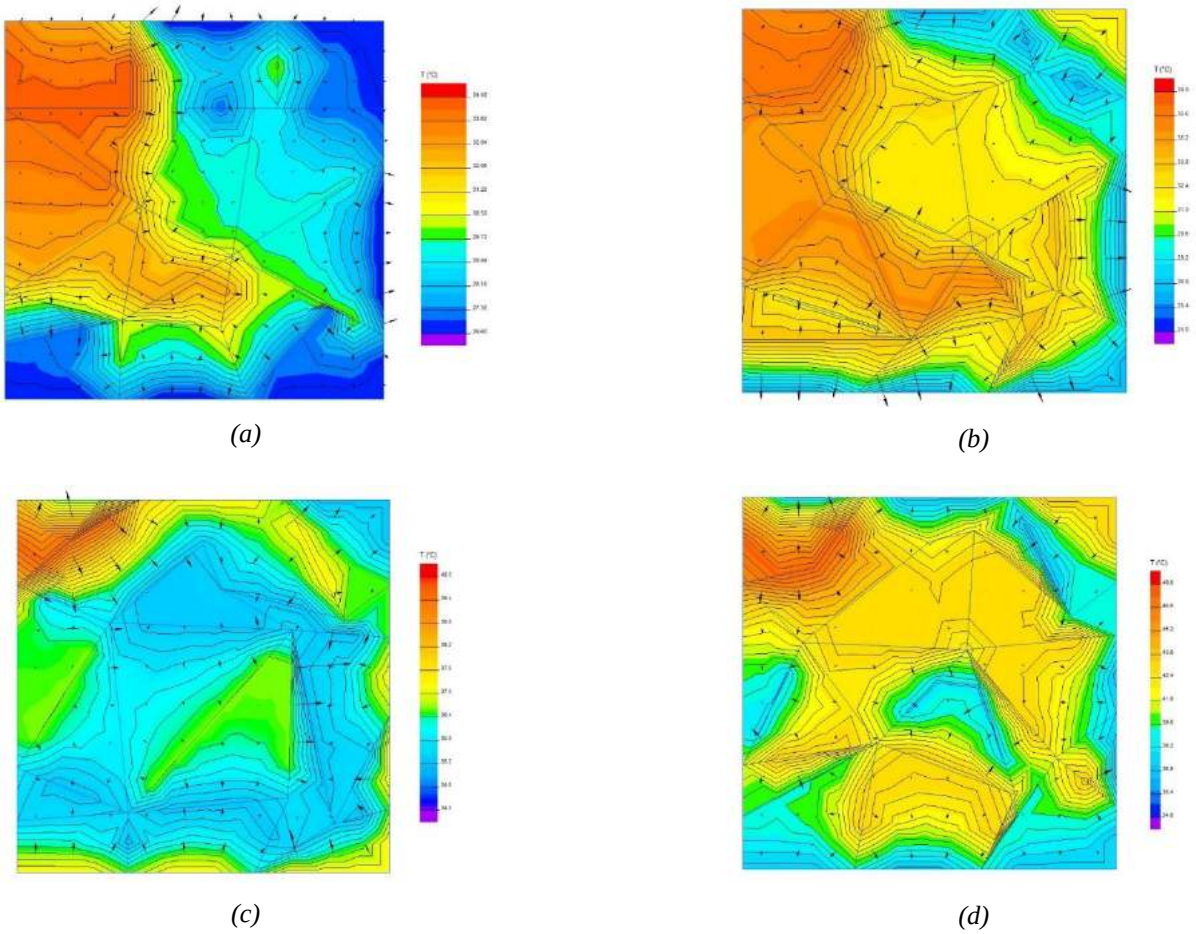
Şekil 3. Ölçüm ve haberleşme modüllerinin görünümü

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yeni ve fiziksel değişime uğramış her iki bataryanın performansını karşılaştırmak için aynı koşullar ve sıcaklık altında dört ayrı test yapılmıştır. Bu testler sırasıyla yeni bataryanın %0'dan %100'e şarjı, %100'den %0'a deşarjı ve şişmiş bataryanın %0'dan %100'e şarjı, %100'den %0'a deşarjı olarak yürütülmüştür. Testlerde başlangıç sıcaklığı 26.6 °C olarak ayarlanmıştır. Şekil 4'de eskitilmiş ve yeni bataryanın açık devre gerilimi değişimi gösterilmektedir. Şarj esnasında bataryaların açık devre gerilimi şarj oranı %0 iken eskitilmiş bataryada 3.65 V'a kadar düşerken, yeni bataryada bu değer 3.92 V olarak ölçülmüştür. Eskitilmiş bataryanın şarj değeri %5'lere ulaşmışken açık devre gerilimi hızlıca 4.3 V'a yükselmiş ve %100 şarj oranına kadar aynı değerde seyretmiştir. Yeni batarya ise beklenildiği gibi %3-%4 şarj durumunda 4 V'a hızlıca yükselmiş, daha sonrasında sabit bir oranla 4.3 V'a yükselmiştir. Yeni batarya %80 ve üzeri şarj durumunda sabit açık devre gerilimi kararlılığını sürdürmüştür. Şekil 5'de şarj/deşarj döngüsünde oluşan maksimum yüzey sıcaklıkları ve dağılımı gösterilmiştir. Şekil 5a'da görüldüğü gibi yeni bataryanın şarjı esnasında maksimum sıcaklık DC bara yakınlarında 34 °C olarak ölçülmüştür. Isı dağılımı yüzeyde çoğunlukla 27 °C ile 29 °C arasında dağılım göstermiştir. Şekil 5b'de ise yeni bataryanın deşarjı sırasındaki sıcaklık dağılımı gösterilmektedir. Deşarj sırasında bataryanın yüzey sıcaklığı 30 °C ile 35 °C arasında dağılım göstermiştir. Maksimum sıcaklık ise DC bara yakınlarında 37 °C olarak ölçülmüştür. Bunlara karşılık şişmiş bataryanın şarjı ve deşarjı sırasındaki sıcaklık dağılımı sırasıyla Şekil 5c ve Şekil 5d'de gösterilmektedir. Fiziksel değişime uğramış bataryanın şarj esnasındaki sıcaklık dağılımı yeni bataryanınki ile paralellik göstermekte ve sadece 1 °C-2 °C artmaktadır. Ancak şişmiş bataryanın deşarjı sırasında sıcaklık değeri belirli bölgelerde 47 °C'lere ulaşmış ve genel olarak minimum 34 °C olarak ölçülmüştür. Gerinim sensörü ölçümlerine göre ise yeni bataryanın şarj sırasında 5 µm yer değişimi gösterdiği görülmüştür. Fiziksel yıpratılmış batarya, %100 şarj durumundayken 9.92 mm kalınlığına sahipken %0 şarja eriştiğinde 9.35 mm kalınlığa sahip olmuştur. Bu durum şişme etkinliğinin en fazla aşırı şarj sırasında oluştuğunu göstermektedir. Özellikle doluluk oranı %80 ve üzerine çıktığında şişmenin hızlıca arttığı gözlenmiştir. %80'in altında ise şişmenin toplam değişimin %20'si dolaylarında kaldığı görülmüştür.



Şekil 4. Eskitilmiş ve eskitilmemiş bataryaların şarj esnasında açık devre gerilimi değişimi

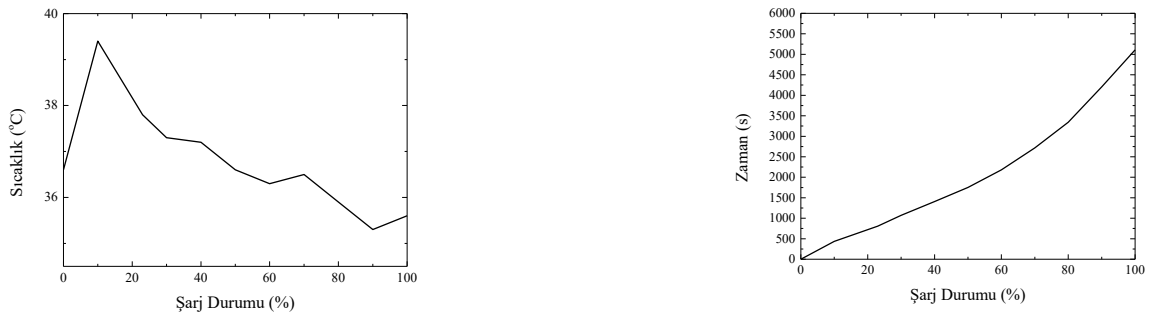


(a) *(b)*

(c) *(d)*

Şekil 5. Batarya yüzeyindeki sıcaklık dağılımının gösterimi (a) şişmemiş bataryanın şarj esnasında maksimum sıcaklık dağılımı, (b) şişmemiş bataryanın deşarj esnasında maksimum sıcaklık dağılımı, (c) şişmiş bataryanın şarj esnasında maksimum sıcaklık dağılımı, (d) şişmiş bataryanın deşarj esnasında maksimum sıcaklık dağılımı

Şekil 6a ve Şekil 6b'de sırasıyla şişmiş bataryanın şarj durumu ve sıcaklık eğrisi ile şarj durumu ve zaman eğrisi verilmiştir. Şarj esnasında, noktasal sıcaklık 39.2 °C'ye %10 şarj durumunda ulaşmıştır. Başlangıçtaki sıcaklık artışını takiben sıcaklık 35 °C'lere kadar düşmüştür. Şarj zamanı ise yaklaşık 5096 s sürmüş ancak %80 ve sonrasında hızlı bir artış göstermiştir. Şekil 7'de şişmiş bataryanın deşarj esnasındaki davranışı gösterilmektedir. Beklenildiği gibi kendiliğinden deşarjında artma gözlenmiştir. Bunun en önemli sebebi yaşlandırma testleri esnasındaki elektrolit zehirlenmesi olarak gösterilebilmektedir. Şekil 7a'da deşarj sırasında yüzeyde noktasal olarak ölçülen maksimum sıcaklık değişimi eğrisi görülmektedir. Yüzeydeki noktasal sıcaklık %80 şarj oranında ve %10 şarj oranlarında maksimum değerine ulaşmıştır. Toplam batarya boşalma süresi eğrisi ise Şekil 7b'de sunulmaktadır. Yaklaşık 3900 s'de boşalma gerçekleşmiş ancak boşalma doğrusal olmamıştır. Özellikle 535 s'nin altında hızla boşalma ve pil kapasitesinde ki dengesiz değişim gözlenmiştir. Şekil 8'de sağlıklı bataryanın şarj esnasındaki davranışı gösterilmiştir. Sıcaklık değeri maksimum 34 °C'ye ulaşmıştır. Şarj durumu ve zaman değişimi ise %80'e kadar doğrusal bir değişim göstermiş ve %80 sonrasında ise 2500 s'de tam doluluk değerine ulaşmıştır. Bu durum yeni batarya ile fiziksel değişime uğramış bataryanın şarj süreleri arasında sıcaklık değerinin değiştiği ancak zamanın benzerlik taşıdığını göstermiştir.



(a) *(b)*

Şekil 6. Şişmiş batarya şarj esnasında davranışı (a) şarj durumu ve sıcaklık eğrisi, (b) şarj durumu ve zaman eğrisi



(a) *(b)*

Şekil 7. Şişmiş bataryanın deşarj esnasında davranışı (a) şarj durumu ve sıcaklık eğrisi, (b) şarj durumu ve zaman eğrisi



(a) *(b)*

Şekil 8. Şişmemiş bataryanın şarj esnasında davranışı (a) şarj durumu ve sıcaklık eğrisi, (b) şarj durumu ve zaman eğrisi



(a) *(b)*

Şekil 9. Şişmemiş bataryanın deşarj esnasında davranışı (a) şarj durumu ve sıcaklık eğrisi, (b) şarj durumu ve zaman eğrisi

Şekil 9a'da sağlıklı bataryanın deşarj esnasında maksimum sıcaklığa %2 şarj oranında eriştiğini göstermektedir. Ayrıca, keskin bir yükseliş ise %80 ile %70 arasında gerçekleşmiştir. Buna karşılık bataryanın bozulması 9876 s sürmüş olup beklenildiği gibi doğrusal bir eğri ile boşalmıştır. Şişkin batarya ile sağlıklı batarya arasındaki en keskin değişim deşarjları sırasında gerçekleşmiştir. Sağlıklı bataryanın deşarjı sırasında maksimum 38 °C'ye ulaşılırken, sağlıksız bataryada bu değer 48.5 °C değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca boşalma zamanı ise sağlıklı bataryada yaklaşık 2.5 katına çıkmıştır.

Batarya grubundaki tüm hücrelerin yüksek performans gösterebilmeleri ve daha uzun ömürlü olabilmeleri için hücrelerin optimum çalışma aralıklarında kalması gerekmektedir. Aynı zamanda üretici tarafından sağlanan çalışma sıcaklığı aralığı dışında çalışma durumu tek bir hücreyi bozduğu gibi komşu hücreler üzerinde de ek ısı ve gerinim yaratabilmektedir. Bu durumda ise bütün bir batarya sistemi tehdit altında olmaktadır. Yaklaşım olarak çoğunlukla hücrelerin paketleme yöntemiyle gerinme ve ısı dağılımını yönetmek mümkün olsa da geliştirilen sistemin tekli hücrede kullanıldığı gibi bütün hücrelere de uygulanması batarya yönetim sisteminin performansını iyileştirecektir. Li-ion piller her ne kadar taşınabilir telefonlarda tek bir hücreden oluşsada taşınabilir bilgisayarlar, elektrikli araç bataryaları ve mikro-şebeke uygulamalarında seri/paralel bağlı çoklu konfigürasyonlardan meydana gelmektedir. Literatürde yer alan bazı çalışmalar çoklu li-ion hücrelerin şişme, sıcaklık, gerilim ve akım sensörleri ile takibini önerirken bazı çalışmalar ise bu takip işleminin her bir hücrenin verilerinin sinyal kabloları yerine bluetooth haberleşme protokolü ile ana kontrolcüye iletilmesi gerektiği üzerinedir (Knobloch ve ark., n.d. & Farmer ve ark., 2014). Ancak tasarlanan sistemde enerji tüketimi dikkate alınarak bluetooth yerine Z-Wave protokolü kullanılmıştır. Seri/paralel çoklu hücre paketlenmesinde geliştirilen sistem ile kablo miktarı azaltılarak hem karmaşıklık giderilmekte hem de ağırlık azaltılmaktadır. Optimal sensör yerleşimi ile komşu hücreler arasındaki ısı ve gerinim geçişi takip edilerek bozulma sürecine girmiş hücrenin devre dışı bırakılması tüm paket düşünüldüğünde önemli bir önleyici bakım yaklaşımı sunmaktadır. Her ne kadar çok hücreli yapılarda maliyeti arttıran bir sistem gibi

görülse de savunma, havacılık vb. gibi yüksek güvenlik içeren sistemler için geliştirilen çözüm zorunlu görülmektedir. Buna karşılık bireylerin sürekli temas halinde olduğu tek hücreli bataryaya sahip taşınabilir telefonlar için ise gerçekçi ve uygun bir çözüm olarak öngörülmektedir.

4. Sonuç

Li-ion bataryalar oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olmasına rağmen kullanıcıların ve üreticilerin batarya sağlığı alanındaki endişeleri sürmektedir. Bu endişeleri gidermek için oldukça gelişmiş batarya yönetim sistemleri kullanılırken bu sistemler temel olarak iç direnç, açık devre gerilimi, şarj/deşarj akımı ve termal ölçümleri girdi olarak kullanmaktadır. Ancak li-ion bataryaların elektro-kimyasal yapıları gereği sağlıksızlığını belirleyen bir diğer faktörde bataryanın fiziksel değişime uğramasıdır. Bu fiziksel değişimler yanlış kullanım, aşırı şarj/deşarj ve düşük performanslı batarya yönetim sistemlerinden kaynaklanabilmektedir. Yapılan çalışmada bu durumu ölçmek ve hangi çalışma noktalarında bataryanın tehlike arz ettiğini incelemek için bir sistem tasarlanmıştır. Yeni ve yaşlandırılmış bataryalar için aynı testler yürütülerek yüzeydeki sıcaklık değişimi, açık devre gerilim değişimi ve gerinim miktarındaki değişim gözlenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar sağlıksız batarya ile sağlıklı bataryanın şarj/deşarj esnasındaki davranış değişimlerini gösterirken bazı önemli bulgular elde edilmiş ve test sonuçları bölümünde sunulmuştur. Yapılan testlerin ortaya koyduğu en keskin farkın sağlıksız bataryanın bara etrafı sıcaklığının 48 °C-49 °C'ye ulaşmasının kullanıcı sağlığını tehdit etmesi ve gerinim miktarındaki değişimin de bu sıcaklık değişimi üzerine etkileridir. Bu sebeple kullanılan tipte bir mikro-gerinim ölçme sensörü ile şişmenin takip edilerek batarya yönetim sisteminde bir fonksiyon olarak tanımlanması gerekliliği ortaya konmuştur.

Kaynakça

Berecibar, M. ve ark., 2016. Critical review of state of health estimation methods of li-ion batteries of real applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56: 572-587.

Castillo, E.C., Niedermeier, F. & Jossen, A., 2016. Calculation of the state of safety (SOS) for lithium ion batteries. Journal of Power Sources, 324: 509-520.

Chen, X. ve ark., 2012. An overview of lithium-ion batteries for electric vehicles. 10th International Power & Energy Conference, Ho Chi Minh, Vietnam: 230-235.

Cheng, X. & Pecht, M., 2017. In situ stress measurement techniques on li-ion batery electrodes: a review. Energies, 591(10): 1-19.

Farmer, J. ve ark., 2014. Wireless battery management system for safe high-capacity energy storage. Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, California: 1-5.

Gor, G.Y. ve ark., 2015. Swelling and softening of lithium-ion battery seperators in electrolyte solvents. Journal of Power Sources, 294: 167-172.

Hoque, M.A. & Tarkoma, S., 2015. Sudden drop in the battery level? Understanding smartphone state of charge anomaly. HotPower'15, Monterey, CA: 1-15.

Horiba, T., 2014. Lithium-ion battery system. Proceedings of the IEEE, 102(6): 939-950.

Knobloch, A., Stefanopoulou, A. & Anderson, D. Control enabling solutions with ultrathin strain and temperature sensor system for reduced battery life cycle cost. http://www.arpa-e.energy.gov/sites/default/files/documents/files/Day_1_6E.pdf adresinden elde edildi.

Koch, S., Birke, K.P. & Kuhn, R., 2018. Fast thermal runaway detection for lithium-ion cells in large scale traction batteries. Batteries, 16(4): 1-11.

Lee, K.H., Song, E. & Lim, H.S. Swelling mechanism of the lithium ion batteries at high temperature. http://www.electrochem.org/dl/ma/203/pdfs/0110.pdf adresinden elde edildi.

Oh, K.Y. ve ark., 2014. A comparative study of commercial lithium ion battery cycle life in electrical vehicle: aging mechanism identification. Journal of Power Sources, 251: 38-54.

Oh, K.Y. ve ark., 2016. Phenomenological force and swelling models for rechargeable lithium-ion battery cells. Journal of Power Sources, 310: 118-129.

Wang, W., Fleischer, C. & Saver, D.U., 2014. Critical review of the methods for monitoring of lithium-ion batteries in electric and hybrid vehicles. Journal of Power Sources, 258: 321-339.

Zhan, Y., Deng, J. & Wang, T., 2013. Lithium battery swollen detection based on computer vision. IEEE 4th International Conference on Software Engineering and Service Science, Beijing, China: 728-731.

Zhang, J. ve ark., 2018. An overview on thermal safety issues of lithium-ion batteries for electric vehicle application. IEEE Access, 6: 23848-23863.

Zhao, Y. ve ark., 2019. Localized swelling inhomogeneity detection in lithium ion cells using multi-dimensional laser scanning, 166(2): A27-A34.