

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Güç Kalitesi Üzerine Etkileri

Impact of Charging Stations for Electric Vehicles on Power Quality

Koray Erhan¹, Murat Ayaz², Engin Özdemir¹

¹Teknoloji Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi

koray.erhan@kocaeli.edu.tr, ozdemir@kocaeli.edu.tr

²Teknik Eğitim Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi

murat.ayaz@kocaeli.edu.tr

Özet

Ulaşım sektöründe yüksek paya sahip olan karayolu araçlarında temiz enerji kullanımına verilen önem son yıllarda hızla artmaktadır. Günümüzde otomotiv sektörü zararlı emisyonları azaltarak, ekonomik, yüksek verimli hibrit ve elektrikli araçlar üretme eğilimindedir. Özellikle elektrikli araç üretimi ile zararlı emisyonlar sıfıra indirgenmektedir. Hem plug-in hibrit elektrikli araçların (PHEV) hem de elektrikli araçların (EV) kullanımı yaygınlaşmaya başladıkça, bu araçların elektrikli güç ihtiyaçlarının karşılanması için gereken şarj istasyonları kurulumu da hızla artmaktadır. Bu çalışmada elektrikli bir aracın şarj istasyonuna bağlı iken şebeke güç kalitesi üzerine etkisi deneysel olarak incelenmektedir.

Anahtar kelimeler: Plug in Hibrit Elektrikli Araçlar, Elektrikli Araçlar, Şarj İstasyonları, Güç Kalitesi.

1. Giriş

Günümüzde, çevresel faktörlerin ön plana çıkarıldığı ve zararlı emisyonların azaltılmasının gerekliliği üzerine birçok çalışma yer almaktadır. Çevresel kirliliğin azaltılmasının sağlanması için oluşturulan yasal düzenlemelerin yanı sıra, petrol türevi yakıtların zamanla gerekli talebi karşılayamayacağı gerçeği araç üreticilerini performanstan ödün vermeden daha çevreci alternatif çözüm üretmeye zorlamaktadır. Günümüz teknolojisinde geliştirilen yeni nesil hibrit elektrikli araçlar ve elektrikli araçlar zararlı emisyonların azaltılmasında önemli birer seçenektir.

Yeni nesil hibrit elektrikli araçların ve elektrikli araçların üretim ve kullanımının yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte elektrikli güç talebinin de paralel olarak artması beklenmektedir. Bu araçların elektrikli olarak şarj edilebilmesi için gerek evlerde gerekse istasyonlarda şarj üniteleri kurulmaktadır. Şarj istasyonlarının yaygınlaşmasının dağıtım sistemi üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır[1-4]. Elektrikli araçların şarj edilmesi sırasında dağıtım sistemi üzerine muhtemel olumsuz etkilerinin olması beklenmektedir. Ani ve noktasal yüklerden dolayı ortaya çıkabilecek problemler enerji kalitesini bozucu

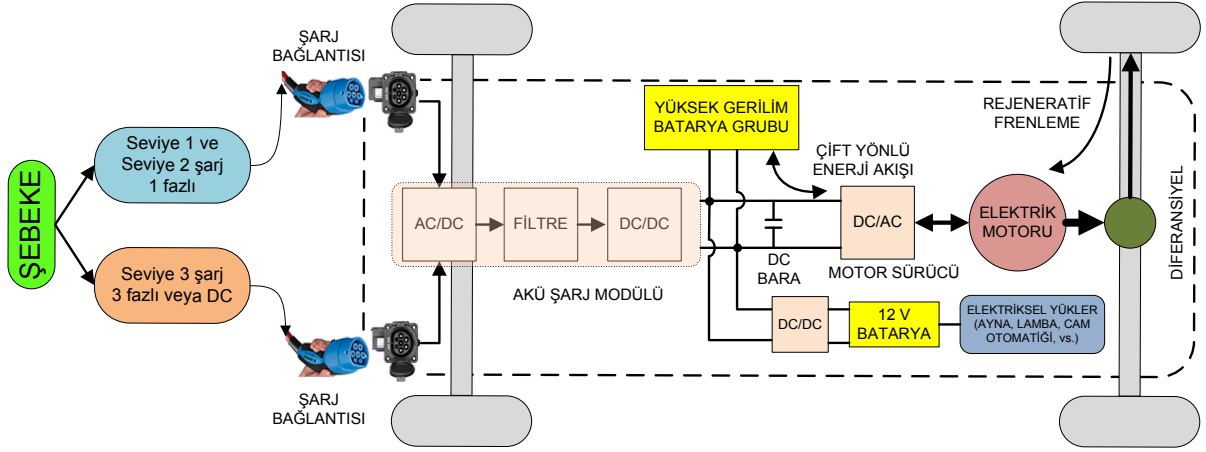
etki gösterebilir. Bu durum gerek elektrik üreticisini gerekse de kullanıcıları olumsuz olarak etkilemektedir [1-4].

Bu çalışmada, bir elektrikli aracın şarj işlemi sırasında şebeke üzerine muhtemel etkilerini ortaya koymak için deneysel ölçümler gerçekleştirilmektedir. Yapılan ölçümler ile mevcut şarj istasyonlarının ve elektrikli araç batarya şarj devrelerinin enerji kalitesine etkisi deneysel olarak tespit edilmektedir.

Çalışmanın 2. bölümünde elektrikli aracın temel yapısı, 3. bölümünde ise elektrikli araç şarj istasyonlarının tipleri ele alınarak özetlenmektedir. 4. bölümde güç kalitesini bozucu etkiler ve güç kalitesinin önemi vurgulanmaktadır. 5. bölümde elektrikli araç şarj işlemi deneysel ölçümleri yer almaktadır. Elde edilen deneysel ölçümler değerlendirilerek yapılabilecek çözümler ise sonuç bölümünde paylaşılmaktadır.

2. Elektrikli Aracın Temel Yapısı

Geleneksel içten yanmalı bir araçta yakıt deposu ve içten yanmalı motor bulunmaktadır. Hibrit elektrikli bir araçta ise yakıt deposu ve daha küçük bir içten yanmalı motor bulunmaktadır. İlave olarak bir elektrik motoru ve batarya grubu araç tahrikine yardımcı olmaktadır. Şehir içerisinde araç hızlanmasında elektrikli motor ardından içten yanmalı motor devreye girmektedir. Araç yavaşlaması sırasında elektrik makinası generatör olarak çalışarak bataryayı beslemekte ve böylece yakıt tüketimi azaltılmaktadır. Şekil 1'deki gibi elektrikli bir araçta ise yakıt deposu ve içten yanmalı motor bulunmamakta bunun yerine bir elektrik makinası ve buna enerji sağlayan bir yüksek gerilim bataryası bulunmaktadır. Ayrıca şebekeden bataryayı şarj etmek üzere şarj modülü ve aracın tahrik dışındaki elektrikli yüklerini beslemek üzere bir alçak gerilim bataryası vardır. Öncelikle şarj bağlantısı üzerinden elektrikli araca gelen gerilim araç içerisindeki AC/DC doğrultucu modül tarafından doğrultulmaktadır. Doğrultulan bu gerilim bir filtre tarafından ilk halinden daha düzgün bir DC gerilim haline getirildikten sonra aracın DC barasına verilir. Aracın şarjı sırasında DC baradan sadece batarya grubuna doğru bir enerji akışı söz konusudur.



Şekil 1. Elektrikli aracın yapısı [5]

Araç hareket halinde iken DC bara farklı yönlerde enerji akışının olduğu bir köprü görevi görür. Bu durumda yüksek gerilim bataryası DC barayı besleyen kaynaktır. Düşük gerilim bataryası şarj modülü ve motor sürücü devresi ise DC baradan beslenen alıcılardır. Araçlarda yüksek gerilim bataryasına ilaveten bir de düşük gerilim bataryası bulunmasının temel nedeni üretim maliyetlerinin aşağı çekilmesi ve hayati tehlikeyi ortadan kaldırmaktır. Araçta kullanılan lambaların, küçük güçlü birçok elektrik motorunun (fan motoru, ayna motoru, sunroof motoru, silecek motoru vs.) geleneksel fosil yakıt kullanılan araçlardakinden farklı olarak yüksek gerilim batarya geriliminde (400V) çalışabilir şekilde üretilmesi ekstra maliyet anlamına gelmektedir. Bununla birlikte yüksek gerilimle temas neticesinde araç içerisinde hayati tehlike de oluşturabilmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için yüksek DC bara gerilimi DC/DC kıyıcı kullanarak 12 volta indirilerek düşük gerilim bataryasına bağlanmaktadır.

Elektrikli araçlarda en temel sorun batarya kapasitesi ve buna bağlı olarak menzil olduğu için bu araçlarda geri kazanımlı (rejeneratif) frenleme büyük önem arz etmektedir. Elektrikli aracın sürüşü sırasında yapılan gözlemlerde aracın dik bir yokuşu çıkarken 72 kW'lık güç tükettiği, aynı yokuşu inerken ise elektrik makinasının generatör olarak çalışmasıyla 24 kW'lık bir gücü bataryaya aktardığı görülmüştür.

Günümüzde 60 lt'lik bir yakıt tankı (dizel/benzin) ve yaklaşık % 30 verimle çalışan bir içten yanmalı motor ile 600-1000 km'lik menzile ulaşmak mümkündür. Yaklaşık 400 kg'lık bir bataryası bulunan ve % 90 verimle çalışan elektrik makinası üzerinden tahrik edilen bir elektrikli araç ise ancak 200 km menzile ulaşabilmektedir. Gelecek dönemde enerji yoğunluğu yüksek ve hafif bataryaların geliştirilmesi ile elektrikli araçların kısa menzil problemleri giderilebilecektir. Ayrıca normal şarj ile ancak 6-9 saat arasında şarj edilebilen elektrikli araçların, hızlı şarj (30 dakika) yöntemlerinin geliştirilmesi ile geleneksel içten yanmalı araçlara göre tercih edilme potansiyelleri yükselecektir.

3. Elektrikli Araçların Şarjı

Elektrikli araçlar hareket edebilmeleri için gereksinim duydukları enerjiyi bataryalarından karşılamaktadır. Bu nedenle belirli aralıklarla bataryaların şarj edilmesi

gerekmektedir. Dolum işlemini gerçekleştirebilmek için farklı tipte şarj üniteleri ortaya konmuştur. Çizelge 1'de kullanılan farklı şarj tipi özellikleri verilmektedir. Şarj ünitesi, elektrik enerjisinin elektrikli araca iletilmesini güvenli olarak gerçekleştiren bölümdür. Şarj üniteleri Avrupa, Amerika ve Japonya gibi ülkelerde farklı biçimde üretilmektedir. Bu farklılıklardan en önemlisi DC ve AC şarj şeklindedir. Dünya genelinde bu konuda farklı standartlar ortaya konulmuştur. Japonya CHAdeMO standardını benimsemiş araçları doğru akım ile şarj eden üniteler geliştirmektedir. Bu şekilde araçlara 62.5 kW'a kadar enerji aktarımı yapabilmektedir. Avrupa'da benimsenen IEC 62196 standardı ise AC şarj ile 3 faz 43.5 kW'a kadar enerji aktarımı yapabilmektedir. Amerika ise SAE J1772 standardı ile 19.2kW'a kadar şarj yapabilmektedir [1-3,6,11]. Bu standartlardan yola çıkarak güç değerleri, akım değerleri ve şarj süreleri çizelge 1 ile açıklanmaktadır.

Elektrikli aracın DC veya AC şarj edilebilmesi, dahili şarj (on-board charging) sistemine sahip olmasına bağlıdır. Dahili şarj sistemine sahip elektrikli araçlar tek faz ya da üç faz olarak AC elektrik enerjisini araç içindeki dönüştürücü ile doğrultarak batarya şarj işlemini gerçekleştirir. Elektrikli araç şarj istasyonları, araçlara şebekedeki AC enerjiyi aktarırlar. Böylece her hangi bir doğrultma ya da kıyım işlemi gerçekleştirmeye gerek kalmaz. Dünyada değişik standartlarda belirlenmiş farklı tiplerde şarj soketlerinde enerji akışını sağlayan faz nötr iletkenleri haricinde toprak iletkeni ve sinyalizasyon için pilot sinyali iletkeni de mevcuttur. Şarj hızı kontrolü, soket algılama gibi işaretlerin haberleşmesi bu iletken üzerinden gerçekleştirilir [11].

Çizelge 1. Farklı şarj tipi özellikleri

Şarj Tipleri Verileri	Seviye-1	Seviye-2	Seviye-3	
	1 Faz-AC	1 Faz-AC	3 Faz-AC	DC
Gerilim (V)	120-240	208-240	240-480	300-600
Güç (kW)	1,2-3,8	3,8-14,4	> 14,4	> 14,4
Akım (A)	15-20	20-85	> 85	> 85
Şarj Süresi (saat)	4-12	1-4	< 1	< 1

3.1. Şarj İstasyonları

Şarj istasyonları standartlarda seviye 1, seviye 2 ve seviye 3 olarak sınıflandırılmaktadır. Seviye 1 yavaş şarjı, seviye 2 normal şarjı, seviye 3 ise 3 fazlı veya DC olarak hızlı şarjı belirtmektedir. Buradan yola çıkarak seviye 1 üniteler genellikle konutlarda ve iş yerlerinde, araçların uzun süre kullanılmadan, park halinde bekledikleri yerlerde bulunmaktadır. Seviye 2 şarj ünitelerinin alışveriş merkezlerinde, park, bahçe, piknik alanları ve istasyonlar gibi belirli süre vakit geçirilen yerlerde bulunması amaçlanmaktadır. Seviye 3 şarj istasyonları ise yüksek doldurma kapasitesine sahip olmalarından ötürü, acil enerji ihtiyacının olduğu ticari dolun istasyonları, kısa süreli mola yerleri gibi noktalarda bulunmaktadır.

Elektrikli araçların ihtiyaç duyduğu enerjinin karşılanması konusu ele alındığında, bu araçların tamamen doğa dostu olduğu ve zararlı gaz salınımlarının olmadığı söylemi her zaman doğru değildir. EA'ların bataryalarının dolumu için gerekli olan enerji hali hazırda ülkelerin elektrik dağıtım şebekelerinden karşılanmaktadır. Özellikle fosil yakıt tüketen binlerce aracın elektrik enerjisiyle çalışan araçlarla yer değiştirmesi, elektrik dağıtım şebekesine büyük yükler getirecektir. Bu durum elektrik üreten santral ihtiyacı doğuracaktır. Dolayısıyla fosil yakıt tüketimi de artırma eğilimine girecektir.

Bu gerçekleşmesi muhtemel senaryonun önüne geçebilmek için EA'ların batarya dolumu için gerekli enerjinin yenilenebilir kaynaklardan karşılanması önerilmektedir. Özellikle ticari dolun istasyonlarında, evsel şarj ünitelerinde (çatılarda) ve uygun alanların bulunduğu yerlerde yenilenebilir kaynakların kullanılmasına kademeli olarak başlanmalıdır. Bu konuyla ilgili dünya genelinde çalışmakta olan kurulu sistemler, ülkemizde ise yapılmış fizibilite çalışmaları bulunmaktadır [7].

3.2. Bataryaların Değiştirilmesi

EA'ların geleneksel araçlara göre dezavantajlarının başında menzillerinin kısa olması ve geleneksel araçlarda birkaç dakika içerisinde karşılanabilen yakıt ihtiyacının EA'larda saatlerce sürmesidir. Bu sebeplerden ötürü değiştirilebilen batarya teknolojisi fikri ortaya çıkmıştır. Bu suretle dolu batarya ile yola çıkan bir araç, bataryası bittiğinde ticari dolun istasyonuna uğrayarak boşalmış bataryasını şarj olmuş batarya ile değiştirebilmektedir. Bu uygulama sayesinde EA'ların geleneksel araçlara göre zayıf olan menzil ve dolun süresi dezavantajlarının ortadan kaldırılması mümkün gözükmektedir.

Ancak batarya değiştirme (quick drop) uygulamasının da çevre kirliliği ve maliyet bakımından dezavantajları bulunmaktadır. Bataryalar EA'ların en pahalı bileşeni olarak değerlendirilebilir. Batarya değişimi sistemi uygulandığında araç sayısından daha fazla bataryaya ihtiyaç duyulmaktadır. Batarya sayısı araç sayısının iki katına kadar çıkabilmektedir. Bunun da maliyet olarak araç fiyatlarına yansımaları kaçınılmazdır. Çevresel etkileri bakımından değerlendirildiğinde ise bataryalar ekolojik denge için zararlı olabilecek bileşenler içerebilmektedir. Değiştirme işlemi için araç sayısından daha fazla bataryaya ihtiyaç duyulması, bataryalarda daha fazla zararlı kimyasalın üretilmesi anlamına

gelmektedir. Bununla birlikte sökülüp takılabileme özelliğinden dolayı bataryaların kutulamasının hasar görmesi ve içerisindeki zararlı bileşenlerin doğaya karışması riski de artmaktadır.

4. Enerji Kalitesi Ve Önemi

Günümüzde yarıiletken elemanların kullanımının her alanda artmasıyla enerji sistemleri de çeşitli tiplerde bozucu etkilere maruz kalmaktadır. Standartlar [8,9] göz önüne alınarak bu bozulmalar şöyle sıralanabilir; geçici olaylar, kısa süreli ve uzun süreli rms değişimleri, gerilim dengesizlikleri, sinüsoidal formdaki bozulmalar, gerilim dalgalanmaları ve frekans değişimleri. Geçici olayları darbe (impuls) ve osilasyon yapan olaylar, kısa süreli rms değişimlerini birkaç periyotluk kesintiler, gerilim çökmeleri ve yükselmeleri (sag, swell), uzun süreli rms değişimlerini uzun süreli gerilim yükselmeleri ve çökmeleri (under, over voltage), sinüsoidal formdaki bozulmaları DC offset, harmonikler, kırpışma (flicker), çentik ve gürültü olarak sıralayabiliriz. Yukarıda sayılan durumlar zamanında tespit edilip gerekli önlemler alınmazsa, hem enerji tedarikçileri hem de enerji tüketicileri için büyük çaplı maddi kayıplar ortaya çıkabilmektedir.

Güç kalitesini olumsuz etkileyen bu olaylar içerisinde en çok üzerinde durulanı harmoniklerdir. Harmonik kaynaklı meydana gelen durumlar ise aşağıda belirtilmiştir.

- Şebekeye bağlı cihazların ısınması, gürültülü çalışması, ömrünün kısalması
- Daha büyük kesitli hatların kullanılması zorunluluğunun ortaya çıkması
- Enerji kayıpları
- Generatör ve şebeke geriliminin bozulması
- Gerilim düşümünün artması
- Kompanzasyon tesislerinin aşırı reaktif yüklenme ve dielektrik zorlanma nedeniyle zarar görmesi
- Enerji sistemindeki elemanlarda ve yüklerde kayıpların artması
- Senkron ve asenkron motorlarda moment salınımlarının ve aşırı ısınmanın meydana gelmesi
- Endüksiyon tipi sayaçlarda yanlış ölçmeler
- Uzaktan kumanda, yük kontrolü vb. yerlerde çalışma bozuklukları
- Şebekede rezonans olayları, rezonansın neden olduğu aşırı gerilimler ve akımlar
- Koruma ve kontrol düzenlerinde sinyal hataları
- İzolasyon malzemesinin delinmesi
- Sesli, görüntülü iletişim araçlarında ve mikroişlemcilerde parazit ve anormal çalışma

5. Elektrikli Araç Şarj İşlemi Ölçüm Verileri

Bu bölümde, elektrikli araçların şarj sırasında şebekeye etkilerini incelemek üzere Renault Fluence Z.E. ile yapılan

elektriksel ölçüm çalışmalarında alınan veriler değerlendirilmektedir. Ölçümlerde kullanılan elektrikli aracın teknik özellikleri Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Aracın teknik özellikleri [12]

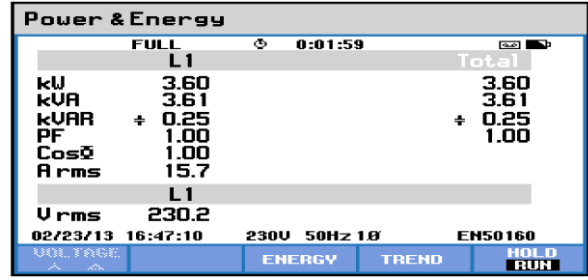
Akü tipi	lithium-ion
Akü kapasitesi	22 kWh
Akü gerilimi	398 volt
Akü ağırlığı	400 kg
Azami menzil	185 km
Motor gücü	72 kW
Motor torku	226 N.m
Azami hız	135 km/h
Şarj süresi	16 A (3kW) ile 6-9 saat
Ağırlık (yürür vaziyette)	1605 kg
Motor ağırlığı	160 kg
Motor cinsi	Sabit mıknatıslı senkron makine

Şekil 2’de yer alan şarj istasyonu elektriksel ölçüm düzeneğinde görüldüğü gibi Fluke 434 enerji analizörünün akım ve gerilim problemleri uygun yerlere bağlanmıştır. Mevcut şarj istasyonu tek faz veya üç fazlı şarj edebilme özelliğindedir. Ancak kullanılan araç tek faz üzerinden şarj edilebilecek yapıda olduğundan ölçümler tek faz üzerinden alınmıştır (seviye 1).



Şekil 2. Şarj istasyonu görünümü ve ölçüm düzeneği

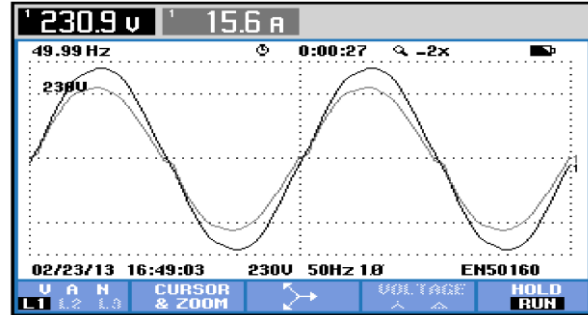
Elektrikli araç bataryasının şarj süresince şebekeden çektiği, aktif ve reaktif güçler, güç faktörü ve akım değerleri Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Şarj sırasındaki elektriksel ölçüm verileri

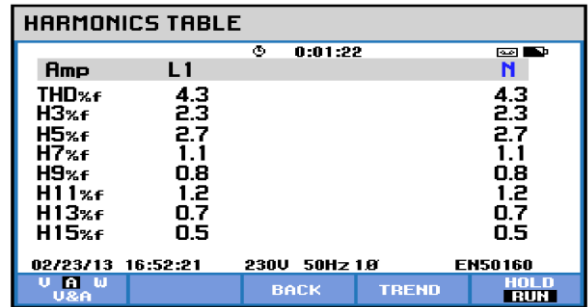
Ortalama olarak 15,7 amper sabit akım ile yaklaşık 3,6 kW aktif güç ile birlikte 25 VAR’lık çok düşük düzeyde bir reaktif güç tüketiminin olduğu ve güç faktörü değerinin 1 düzeyinde kaldığı gözlemlenmiştir. Aracın batarya doluluk oranına bağlı olarak 6 ila 9 saat arasında şarj olabileceği ölçümlerle tespit edilmiştir. Ölçümlerde çekilen şarj akımının batarya doluluk oranına bağlı olmadan sabit kaldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4’de verilen şarj sırasındaki akım-gerilim dalga şekilleri incelendiğinde dalga şekillerinin sinüsoidal forma oldukça yakın ve faz farkının olmadığı görülmektedir.

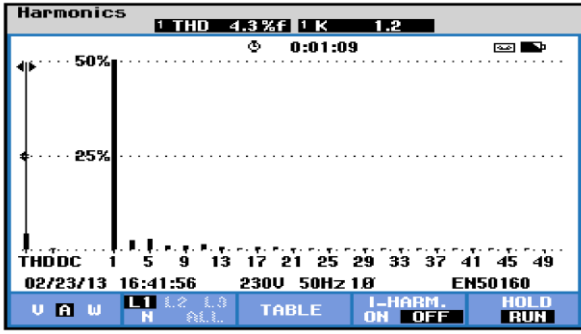


Şekil 4. Şarj sırasındaki akım-gerilim dalga şekli

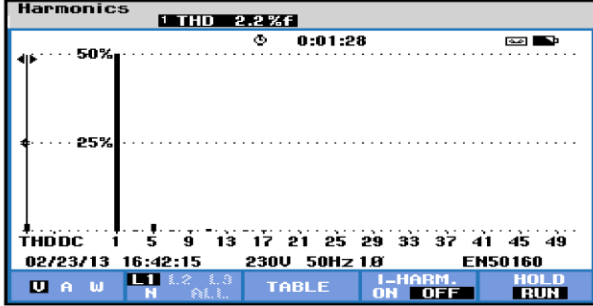
Şarj akımının harmonik bileşenlerin rakamsal değerleri Şekil 5’de, çubuk grafik olarak ise Şekil 6’da gösterilmektedir. Elde edilen bu veriler, şarj akımının toplam harmonik dağılımı (%THD) değerinin IEEE-std519 ile belirlenen sınır değerler içerisinde olduğunu göstermektedir. Şekil 7’de görüldüğü gibi şarj gerilimi harmonik dağılımının standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Şarj sırasındaki akımın harmonik bileşenleri



Şekil 6. Şarj akımının harmonik dağılımı



Şekil 7. Şarj gerilimi harmonik dağılımı

Günümüzde ticari olarak üretilmekte ve satılmakta olan elektrikli otomobillerden Renault Fluence Z.E. modeli ile yapılan şarj ölçüm çalışmalarında elde edilen veriler değerlendirildiğinde, şebekeden çekilen akım dalga şeklinin sinüsoidal biçimde olduğu ve harmonik bileşenlerin IEEE-519 harmonik standardı sınırları içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Böylece elektrikli araçların sayılarının artması durumunda elektrik şebekesine olan güç kalitesi etkilerinin oldukça düşük düzeyde olacağı değerlendirilmektedir. Ancak çekilen güç değerinin bir fazlı şarj ünitesi üzerinden olduğu düşünüldüğünde yaklaşık 3kW bir güce ulaşmaktadır. Böyle bir durumda çok sayıda elektrikli aracın aynı faz üzerinden şarj edilmesi durumunda dağıtım şebekesinde 3 fazlı dengesizliklere yol açması kaçınılmazdır [10].

Dengesizliklerin önlenmesi ve şarj süresinin kısaltılması için önerilen 3 fazlı hızlı şarj sistemleri ise henüz geliştirilme aşamasındadır. Ölçüm yapılan elektrikli araç üzerindeki gözlemlerde şarj kablosunda ve araç şarj konnektöründe 3 fazlı şarja yönelik uçların bulunmadığı tespit edilmiştir.

6. Sonuç

Bu çalışmada deneysel olarak elektrikli bir aracın şarj işlemi sırasında elektrik şebekesi güç kalitesi üzerine etkisi ortaya konulmaktadır. Yapılan ölçümler, elektrikli aracın şarj işlemi sırasında şebekeden çektiği akım-gerilim dalga şekillerinin standartlarda belirlenen harmonik değerlerinin altında olduğunu göstermektedir.

Bu deneysel çalışma, gelecek yıllarda elektrikli araç ve şarj istasyonu sayısının artması durumunda elektrik dağıtım sisteminde güç kalitesi yönünden bir problem teşkil etmeyeceğini ortaya koymaktadır. Ancak tüm elektrikli araç üreticilerinin araç içerisinde kullandıkları şarj dönüştürücülerini güç kalitesini bozmayan nitelikte seçmesi

büyük önem kazanmaktadır. Bununla birlikte elektrikli araçların etkin biçimde kullanılması için, şarj istasyonlarını yönetecek ve elektrik altyapısını en verimli biçimde kullanabilecek akıllı enerji yönetim sistemlerinin de geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

7. Teşekkür

Elektrikli araç ölçüm çalışmalarına destek veren Ernaz Otomotiv ve Hüseyin Zeyrek'e teşekkürlerimizi sunarız.

8. Kaynaklar

- [1] Sen, G., Boynueğri, A. R. ve Uzunoğlu, M., " Elektrikli araçların şarj yöntemleri ve araçların şebekeyle bağlantısında karşılaşılan problemlere yönelik çözüm önerileri", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi-Elazığ, s.357-362, 2011.
- [2] Yağcıtekin B., Uzunoğlu M., Karakaş A., "Elektrikli Araçların Şarjı ve Dağıtım Sistemi Üzerine Etkileri", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi-Elazığ, s.316-320, 2011.
- [3] Basu M., Gaughan K., Coyle E., "Harmonic Distortion Caused by EV Battery Chargers in the Distribution Systems Network and Its Remedy", Universities Power Engineering Conference, Dublin Inst. of Technol., Ireland, 2004.
- [4] E.W.C. Lo, D. Sustanto, C.C. Fok, "Harmonic Load Flow Study for electric Vehicle Chargers", IEEE 1999 International Conference on Power Electronics and Drive System, Hong Kong, 1999.
- [5] Yılmaz M., Krein P. T., "Review of Charging Power Levels and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles", Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International.
- [6] Wenge C., Stötzer M., Winkler T., Komarnicki P., "Power Quality Measurements of Electric Vehicles in the Low Voltage Power Grid", Electrical Power Quality and Utilisation (EPQU), 11th International Conference, 2011.
- [7] Demir A., "Elektrikli Araçların Otoparklarla Birlikteliği", Transist 2011 IV. Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi, 1-2 Aralık 2011.
- [8] IEEE-std1159 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [9] IEEE-std519 IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.
- [10] Bass R., Harley R., Lambert F., Rajasekaran V., Pierce J., " Residential Harmonic Loads and EV Charging", Power Engineering Society Winter Meeting, volume 2 s.803-808, 2001.
- [11] Birleştirici A., Şalcı M.S., Dikkulak A., Güler F., Turhan E., "Elektrikli Araç Şarj İstasyonları", EMO, www.emo.org.tr/ekler/e05712f50f36d7c_ek.pdf.
- [12] Renault Fluence Z.E. elektrikli araç kataloğu.