



Elektrikli Araçlarda DA Hızlı Şarj Ünitelerinin Şebeke Altyapısına Etkilerinin İncelenmesi

Aykut Fatih GÜVEN¹ ve Salih Burak AKBAŞAK¹

How to cite: Güven, A. F., & Akbaşak, S. B. (2021). Elektrikli araçlarda DA hızlı şarj ünitelerinin şebeke altyapısına etkilerinin incelenmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 42-54. <https://doi.org/10.33484/sinopfbid.886985>

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar

Aykut Fatih GÜVEN
afatih.guven@yalova.edu.tr

Yazarlara ait ORCID

A.F.G.: 0000-0002-1071-9700
S.B.A.: 0000-0003-2299-2656

Received: 25.02.2021

Accepted: 19.03.2021

Öz

Ulaşım sektöründeki gelişmeler günden güne hızla artmaktadır. Bu sektördeki en büyük etki, elektrikli araçların hızlı gelişimi ve pazara uyum sağlamaya başlamasıdır. Bu etki, elektrikli araçların şebeke altyapısına olan entegrasyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araçların şebeke altyapısında oluşturduğu etkiler, elektrik enerji talebinde sıkıntılar meydana getirmektedir. Bu çalışmada, elektrikli araçların şebeke altyapısına bağlantı noktası olan şarj ünitelerinin istasyonların simülasyonu sonucu analizler yapılmıştır. Ortaya çıkan bozucu etkilerin giderilerek daha iyi sonuç elde edilmesi için çözüm üretilmiş ve uygulanmıştır. Uygulanan çözüm öncesi ve sonrası etkiler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araçlar, DA (Doğru Akım) hızlı şarj ünitesi/istasyonu, şebeke etkisi

Investigation of the Effects of DC Fast Charging Units on Network Infrastructure in Electric Vehicles

¹Yalova Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Enerji
Sistemleri Mühendisliği, Yalova,
Türkiye

Bu çalışma Creative Commons
Attribution 4.0 International License
ile lisanslanmıştır

Abstract

Developments in the transportation sector are increasing day by day. The biggest impact in this industry is the rapid development of electric vehicles and their adaptation to the market. This effect arises as a result of the integration of electric vehicles into the network infrastructure. The effects of electric vehicles on the network infrastructure cause problems in electricity energy demand. In this study, the simulations of charging units/stations, which are the connection point of electric vehicles to the network infrastructure, were analyzed. A solution has been produced and applied in order to obtain better results by eliminating the resulting disturbing effects. The effects before and after the applied solution were examined.

Keywords: Electric vehicles, DC (Direct Current) fast charging unit/station, grid effect

Giriş

Günümüzde enerjiye olan talebin artması ve buna bağlı olarak karbon emisyonunun fazla olmasından dolayı artan iklim değişiklikleri,

doğa üzerinden gerçekleşen olaylar hızla artmaya devam etmektedir. Enerji talebinin karşılanırken bu süreçte kullanılan enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar neticesinde

yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilen temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının devreye alınması gerekliliği de ciddiyetini ve önemini korumaktadır. Gelişen teknolojinin ve dolayısıyla enerji talebinin sürekli olan artışı temiz, sürdürülebilir, ekonomik yeni arayışlara yol açmıştır. Bu dönüşümün bir parçası olan yeni nesil elektrikli araçlar, günümüzde gerek üretimi gerekse kullanıcı tarafı için cezbedici bir hal almaya başlamıştır.

Elektrikli araçların üretim ve kullanımının yaygınlaşmaya başlaması ile elektrik şebekesi üzerindeki etkilerinde artış gösterdiği görülmektedir. Elektrikli araçların kullanımı için gerekli olacak elektriğin sağlanması için ihtiyaç halinde kullanılacak şarj üniteleri (istasyonları) yaygınlaştırılması gerekmektedir. Günümüzdeki kullanımlarda, şebeke üzerindeki güç talebinin beklenen seviyede olması da istenmektedir. Elektrikli araç şarj ünitelerinin şebekeye bağlı olmasıyla elektrik son kullanıcılarının sisteminde olumsuz etkiler görülecektir.

Angelov ve ark. [1] çalışmalarında, elektrikli araç sahiplerinin hızlı bir şekilde şarj etmesini sağlamak için hızlı şarj istasyonu ağlarına ihtiyaç duyulacağından fişli elektrikli araçlar için bir şarj sistemi modeli geliştirmişlerdir.

Febriwijaya ve ark. [2] çalışmalarında DA Hızlı Şarj İstasyonunun IEEE 34 düğüm testi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Pil kapasitesi ve enerji gibi parametreler kullanarak, elektrikli araçlar için günlük seyahatte tüketime bağlı olduğunu gösteren

kullanıcı davranışı modeli simülasyon çalışması yapmışlardır.

Erhan ve ark. [3] çalışmalarında, elektrikli bir aracın şarj istasyonuna bağlı iken şebeke güç kalitesi üzerine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir.

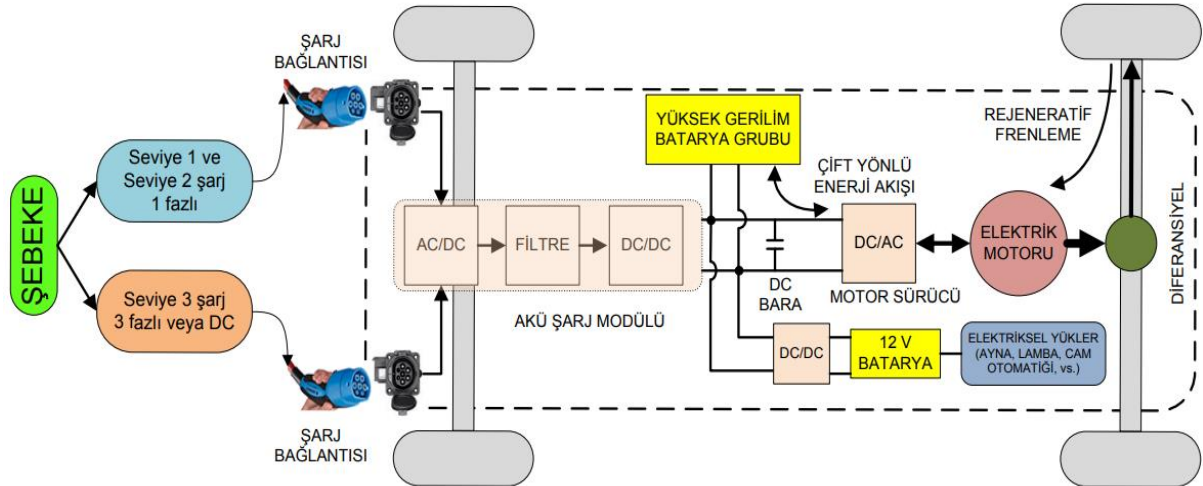
Elektrikli Araçlar

Elektrikli araçlar, geleneksel içten yanmalı motor içeren araçların yapısına nazaran daha az parça ihtiva eden ulaşım aracıdır. İçten yanmalı araçlar içten yanmalı motor, egzoz sistemi ve aktarım organlarının olduğu sistem olmak üzere üç ana komponent üzerine kuruludur. Toplamda 1400 komponente sahiptir. Bu durumdan dolayı içten yanmalı motor içeren araçların komponentlerin fazla olması bakım ihtiyacının fazla ve sık olmasına sebep olmaktadır. Elektrikli araçlar ise, elektrikli motor, batarya paket ve güç elektroniği üzerine 3 ana komponent üzerine kuruludur. Ancak toplamda 200 komponent içermektedir. Daha az komponente sahip olması da daha az bakım ve sıklığının az olmasını sağlar.

Şekil 1’de elektrikli bir aracın temel yapısı yer almaktadır. Elektrikli bir araç daha detaylı incelendiğinde batarya paketi, DA/DA dönüştürücü, AA/DA dönüştürücü, DA/AA dönüştürücü, filtre, DA bara, elektrik motoru komponentlerden oluştuğu görülmektedir. Bu komponentler elektrikli aracın elektriksel güç aktarımları yapılırken belli sınırlarda gerçekleşmesini, gerekli ihtiyacı karşılaması üzerine kuruludur. Dönüştürücülerin ve filtrenin sistem içerisinde yer almasının sebebi

budur. Yüksek gerilim ihtiva eden batarya grubu şarj edilmeden önce dönüştürücü ve filtreden geçmektedir. Bunun sebebi, aracın AA (Alternatif Akım) ile beslenmesi durumunda bataryanın DA ile şarj olacağı için arada dönüştürücüye gerek duyulmasıdır. DA ile besleme durumunda ise, yine bir dönüştürücüye ihtiyaç olacağı da unutulmamalıdır. DA besleme yapılması durumunda bataryanın DA ile şarj olsa da gelen akım-gerilim değerlerinin belirlenen koşullarda olması gerekmektedir. Filtre ise, harmonik bozulmaları düzelterek aktarımın sinüzoidal formda iletilmesini sağlar. DA/AA dönüştürücüde çift yönlü akış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, bataryanın gerekli güç ihtiyacını karşılamak için besleme yapacak olmasıdır. Diğer taraftan bataryaya doğru bir enerji akışı da mevcuttur. Bunun kaynağı ise, rejeneratif frenlemenin

kullanılmasıdır. Rejeneratif frenlemede araç fren yaptığı anda elektrik motoru ters işleyiş ile çalışarak jeneratör görevi görecektir. Jeneratör görevi gören elektrik motoru enerji akışını bu sefer yüksek gerilim batarya grubuna iletilecektir. Böylece batarya frenleme durumunda da belirli koşullar altında (örneğin Tesla Model S'in 60 kW güç aktarım sınırı gibi) bataryanın şarj olmasını sağlayacaktır. Yüksek gerilim batarya yanında alçak/düşük gerilim bataryanın yer almasının sebebi de araç içinde yüksek gerilim ihtiyacı doğmayan elektrikli yüklerin (araç içi aydınlatmalar, otomatik aynalar ve camlar gibi) karşılanmasını sağlamaktır. DA bara ise, şarj ve deşarj durumlarında enerjinin ne yönde iletileceğine, komponentler arası enerji akışının gerçekleştirilmesinde köprü görevi görmektedir.



Şekil 1. Elektrikli aracın yapısı [3]

Tablo 1. Şarj tipleri ve özellikleri

	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 3 (DA)
Gerilim Değeri	120- 220 VAA	208- 240 VAA	208- 240 VAA	600 VDA
Güç Seviyesi	1.2- 3.8 kW	3.8- 15 kW	> 15- 96 kW	> 15- 240 kW
Akım Değeri	15- 20 A	20- 80 A	> 85 A	
Şarj Süresi	5 - 12 saat	1 - 4 saat	15 - 30 dakika	

Elektrikli Araçların Şarj Yapısı

Elektrikli araçların Tablo 1’de yer alan çeşitli seviyelerde şarj etme koşulları mevcuttur. Elektrikli aracın batarya özelliklerine ve araç üzerinde yer alan komponentlere göre şarj tipi ve seviyesi seçilmektedir. Burada aracı AA ile mi yoksa DA ile mi şarj edeceğimize karar verirken nasıl bir süreç istendiği önemlidir. Araca ne kadar güç verilirse verilsin AA şarj işleminde, araç üzerinde yerleşik çevirici olacağı için çevirici, gelen AA gücü sınırlandıracaktır. Bu durum da şarj süresinin uzamasına dolayısıyla hızlı şarj edilmesi istenilen durumlarda DA kullanımını ön plana çıkaracaktır. Hızlı AA şarj olarak geçen ünitelerde de gerilim değeri yüksek ise akımın DA verilecek güce göre düşük olmasından dolayı şarj süresi DA şarj süresine göre çok uzun sürecektir. Bu da yerleşik çeviricilerde AA şarj süresinin uzun sürmesini açıklamaktadır. Bu duruma bakılarak istenilen şartlar belirlenmeli ve ona göre şarj gerçekleştirilmelidir. Tüm bu durumlardan yola çıkarak, elektrikli araçlar şarj edilirken DA ve AA akımlar arasında dönüşümler yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu dönüşümlerde bahsedildiği gibi yerleşik (araç içinde çevirici) ve yerleşik olmayan (araç içinde çevirici olmayan) şekilde iki ayırım vardır. Elektrikli araç AA ile şarj

edilirken yerleşik bir şarj işlemine gerek duyulmaktadır. Bunun sebebi, bataryanın DA ile şarj oluyor olmasıdır. AA ile yapılan şarjın bataryayı şarj etmesi için AA/DA çevirici içermesi gerekmektedir. DA ile şarjda buna ihtiyaç yoktur. Çünkü DA üniteler şebekeden aldığı AA gücü kendi içerisinde DA güce çevirerek üniteden direk DA güç çıkışı sağlamaktadır.

Şarj Modu-1: Evsel veya endüstriyel AA şarj modunu tanımlar. İzin verilen maksimum akım değeri 16 A’dır. Gerilim değeri tek fazda 230 V, üç fazda 400 V değerindedir. Aracın prize takıldıktan sonra elde edilebilecek şarj kapasitesi, aracın bataryasındaki akım değeri kadardır. Özel ekipmana gerek yoktur. İletişim ve güvenlik bağlantısı içermemektedir. Topraklama içermeyen prizlerde tehlike oluşturabilmektedir.

Şarj Modu-2: Mod-1’den farklı olarak kontrollü şarjı ifade eder. İzin verilen maksimum akım değeri 32 A’dır. Tek faz için 230 V, üç faz için 400 V gerilim değerlerine izin verilir. Taşınabilir bir AA besleme ekipmanı gereklidir. Çünkü sınırlı iletişim, güvenlik kontrolü kablo üzerinden sağlanmaktadır. Acil şarj görevi gibi düşünülmelidir. Güç çekilecek standart priz bağlantısıdır.

Şarj Modu-3: Burada bir AA bir güç kaynağı vardır ve özel belirlenmiş soket üzerinden tam kontrol sağlanarak şarj işlemi gerçekleştirilir. Hem elektrikli araç giriş tarafında hem de priz tarafında soket bulunmaktadır. Güç kaynağının olduğu kısım sabit şekilde (soketsiz) de olabilmektedir.

Şarj Modu-4: Kaynak kısmındaki bağlantı kalıcıdır. DA şarj işlemi için uygun olan modu tanımlar. DA hızlı şarj kısmı bu mod içerisine girmektedir. Kaynak sabit ve kaynak çıkışındaki soket ile şarj işlemi gerçekleştirilir.

Şarj ünitelerinde kullanılan soketler de şarj seviyeleri gibi farklı çeşitleri içermektedir. Bu çeşitlilik standartlara standartlarla belirlenmiştir. Bu standartlar;

AA (Yerleşik):

- a) Avrupa için; IEC 62196-2
- b) ABD için; SAE J1772

DA (Yerleşik olmayan):

- a) Uzakdoğu ve Japonya için; CHAdeMO
 - b) Avrupa için; CCS Combo, IEC62196-2
- AA, IEC 62196-2 (Avrupa):
- 230V(1faz) – 400V(3faz)
 - 16A/32A/64A
 - 3.7kW – 43kW
 - Şarj akımını sınırlama yeteneği
 - TİP 1 (SAE J1772), TİP 2 (MENNEKES), TİP 3 (SCAME)
- AA, SAE J1772 (ABD):
- 120V (1faz) – 240V (2faz)
 - 16A/32A
 - Şarj akımını sınırlama yeteneği

Yaygın kullanılan şarj Yöntemlerinden biri olan MOD 4 – DA Hızlı Şarj İstasyonu 3 tip olarak hizmet verir. CHAdeMO – CCS COMBO ve Supercharger (Tesla) [4]

DA, CHAdeMO:

- 250V DA
 - 200A'e kadar
 - Şarj akımını sınırlama yeteneği
- DA, CCS COMBO, IEC 62196-2:

- 400V DA
- 125A
- 50kW
- Şarj akımını sınırlama yeteneği
- TİP 4

Elektrik santrallerinin fosil kaynaklardan enerji üretimi devam ettiği ve buradan gelen enerji ile elektrikli araçları şarj ettiğimiz göz önünde bulundurulmalıdır. Günden güne artan elektrikli araç talepleri, içten yanmalı motor içeren araçların yerini almasıyla birlikte şebekenin daha fazla yüklenmesine sebep olacaktır. Şebekenin fazla yüklenmesi, iletimden dağıtım kadar birçok noktaya etki edecektir. Bu durum dolaylı yoldan talebin artışına ve arzın düşüşüne sebebiyet vereceği için elektrik kesintileri, iletim-dağıtım hatlarındaki ekipmanların etkilenmesi, zarar görmesine sebep olabilir. Elektrik iletim-dağıtım hattında değerlerin optimum seviyede kalması, sistemlerin optimum seviyede çalışması, şebekeden çekilecek enerjinin, gücün kalitesi için arz-talep dengesini koruyacak şekilde önlemler alınması gerekmektedir. Hat değerlerinde ve şebekeden gelecek değerlerde

uygun koşullar için mevcut sistemlerimizin optimizasyon çalışmaları önem kazanmaktadır.

Enerji Kalitesi ve Önemi

Günümüzde elektrik enerjisi kaynaklarının azalması ve enerji fiyatlarının sürekli artması elektrik enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun bir sonucu olarak şebekeden sağlanan elektrik enerjisi bilgisayar, faks makinesi, fotokopi makinesi gibi birçok yüke güç elektroniği (güç konverterleri) devre elemanları vasıtasıyla yükün ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde (istenilen gerilimi, frekans ve akım değerlerine) dönüştürülmektedir. Günümüz yük tiplerinin birçoğunun mikroişlemci tabanlı olduğu görülmektedir. Mikroişlemci tabanlı yüklerin hem çok kaliteli bir enerjiyle beslenmesi ve hem de aynı zamanda (kullandıkları anahtarlamalı konverterlerden dolayı) güç kalitesi problemlerinin kaynağını oluşturmaması beklenmektedir. Bu tür yükler genelde nonlinear yükler veya devre elemanları olarak tanımlanırlar. Doğrusal olmayan yüklerin geniş bir şekilde kullanılması, elektrik güç sistemlerinde güç kalitesi problemine özellikle harmonik kirliliğine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak tüketiciye verilen enerjinin kalitesi önemli ölçüde olumsuz olarak etkilenmektedir.

Güç kalitesi problemlerinin tespit edilmesi, sebeplerinin belirlenmesi ve muhtemel sonuçlarının ortaya çıkarılması ve analiz çalışmaları için elektrik enerjisinin üretim noktasından tüketim noktasına kadar üzerinde önemle durulması gerekmektedir.

Harmonikler güç kalitesinin en önemli ölçülebilir parametrelerinden biridir. Harmonikler, genel olarak nonlinear elemanlar ile nonsinüsoidal kaynaklardan herhangi birisi veya bunların ikisinin sistemde bulunmasından meydana gelirler. Akım-gerilim karakteristiği doğrusal olmayan elemanlara nonlinear elemanlar denir. Sistemde bulunan bu elemanların etkisiyle akım ve gerilim dalga biçimleri, periyodik olmakla birlikte temel sinüsoidal dalga ile frekans ve genliği farklı diğer sinüsoidal dalgaların toplamından meydana gelmektedir. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalara “harmonik” adı verilir.

Güç sistemindeki sinüsoidal dalganın simetrisinden dolayı 3., 5., 7., 11. gibi tek harmonik bileşenleri bulunur. Çift harmonikli bileşenler bulunmaz.

Enerji kalitesinin ölçülebilmesi ve bozulmaların sınırlandırılabilmesi için akım ve gerilim harmoniklerinin tanımlanması gerekmektedir.

Toplam harmonik distorsiyonu (THD), harmonikli bileşenlerin efektif (rms) değerlerinin, temel bileşen efektif (rms) değerine bölünmesiyle elde edilir ve genellikle yüzde olarak gösterilir. Toplam harmonik distorsiyon ifadesinin yardımı ile temel sinüs bileşenimizin harmonik bileşenlerin toplanması ile ilk formundan ne derece sapmaya maruz kalacağı görülebilir.

Sadece temel frekanstan oluşan tam bir sinüsoidal dalga için THD değeri sıfırdır. Yani denklem (1) ve denklem (2)'den de anlaşılacağı gibi harmonik bileşenlerin olmadığı sistemlerde

toplam harmonik distorsiyon herhangi bir değere ulaşmayacaktır. Gerilim için toplam harmonik distorsiyonu denklem (1)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{THD}_V &= U_{\text{THD}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \\ &= \frac{\sqrt{V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n}}{V_1} \end{aligned} \quad (1)$$

Burada;

THD_V : Gerilimin toplam harmonik distorsiyonunu (bozunumu),

V_n : Devreye uygulanan gerilimin n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değerini,

V_1 : Devreye uygulanan gerilimin temel frekanstaki etkin değerini,

Akım için toplam harmonik distorsiyonu denklem (2)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{THD}_I &= I_{\text{THD}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \\ &= \frac{\sqrt{I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n}}{I_1} \end{aligned} \quad (2)$$

THD_I : Akımın toplam harmonik distorsiyonunu (bozunumu),

I_n : Devreden geçen akımın n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değerini,

I_1 : Devreden geçen akımın temel frekanstaki etkin değerini ifade etmektedir,

Ülkemizde ideal enerji dağıtımı 50 Hz. de, temel frekansta ve sinüsoidal dalga şeklindedir. Ancak işletmelerimizdeki bazı yükler sahip oldukları çalışma karakteristiklerinden dolayı çeşitli frekans seviyelerinde akım ve gerilim

oluştururlar. Bu gibi devrelerde faz gerilimlerinin dengeli olması ve gerilimdeki harmonik miktarının belirli değerlerde kalması gibi birtakım kriterlerin göz önüne alınması gerekir.

Şebeke güç kalitesini en çok etkileyen durumlardan bir tanesi olan harmonikler, sistem üzerinde olumlu etkilere yol açmazlar. Elektronik komponent kullanımlarının artması bunun en büyük sebeplerinden biridir. Bu çalışmada elektrikli araçların şarj ünitelerinin sebep olduğu harmoniklerin şebeke güç kalitesini etkileri incelenmiştir.

Dağıtım altyapısındaki maksimum kapasitede çalıştırıldığı durumda güç sistemlerinin güvenilirliğini etkilemektedir. Ayrıca elektrikli araçların şarj sırasında dağıtım transformatörleri üzerinde ısınma etkisi yapacağı ve harmoniklerden kaynaklanan bu ısınmalar ek güç kayıplarına sebep olacaktır. Elektrikli araç pazarının zamanla artması, mevcut şebeke hatları üzerine ani yüklenmeler, aynı anda sistemin kaldırabileceğinden fazla elektrikli aracın şebekeye bağlanması talebin karşılanamamasına sebep olabilmektedir. Özellikle yüksek ve ani talebe cevap verebilmek için elektrik ihtiyacının düşük olduğu zaman dilimi olan gece saatlerinde şarj işleminin gerçekleştirilmesi sisteme olan fazla yüklenmeleri azaltacaktır. Kontrolsüz şarj işlemi durumunda, özellikle şarj işleminin yoğun olmadığı zamanlarda yapılmaması durumunda yük talebinde büyük bir artışa sebep olur. Bu durum güç sisteminin dengesini de etkileyecektir. Şebeke hattının bir bütün olarak

çalıştığı göz aradı edilmemelidir. Sistemin bir noktasındaki etki, diğer bir noktasında farklı bir etkiye sebep olacaktır [4].

Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, elektrikli araçların yük talebinin yoğun olmadığı zaman şarj edilmesi, şarj işlemini yapacak enerji üretim kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması, akıllı şebeke kullanımı ile elektrikli araçların şebeke üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılabilir. Özellikle talebin az olduğu zamanlarda şarj işlemini yapıp, talebin çok yüksek olduğu zamanlarda araçtan şebekeye güç sağlanması (V2G) durumlarını da devreye sokmak şebeke üzerindeki yüksek talep yükünü düşürecektir.

Böylelikle hem şebeke üzerindeki etkiler azaltılmış olacak hem de V2G sistemi kullanarak ekonomik açıdan fayda sağlanmış olacaktır. Yük talebinin arttığı zamanlarda şebekeyi besleme durumunda elektrikli araç kullanım oranını artıracığı, akıllı şebekelerin de önünü açan bir sistemin parçası olacağı unutulmamalıdır.

Bu çalışmada, elektrikli araç şarj ünitelerine bağlı araçların şarj ünitesine bağlanması ve şarj işlemine başlaması ile şebeke üzerinde oluşturacağı etkileri incelemek üzere bir Matlab simülasyon çalışması yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Matlab simulink ortamında şebeke parametreleride dikkate alınarak filtreli ve filtresiz DA hızlı şarj ünite modelleri oluşturulmuştur. Burada DA hızlı şarj ünitesi 2

girişli DA soket bağlantısı içermektedir. Bu şarj ünitesi aynı anda en fazla 2 elektrikli aracın şarj olmasını sağlamaktadır. Filtresiz uygulanmış model Şekil 2’de yer almaktadır.

Şarj ünitesinin modellenmesinde şebeke altyapısındaki hattın simülasyonu da entegre edilerek Simulink dosyası bir bütün halinde sunulmuştur.

Batarya, trafo öncesi ve sonrası hat üzerinde yer alan V-I ölçücü, switch osiloskop görüntüleri akım, gerilim ve SOC değerleriyle Şekil 2’de modellenmiştir.

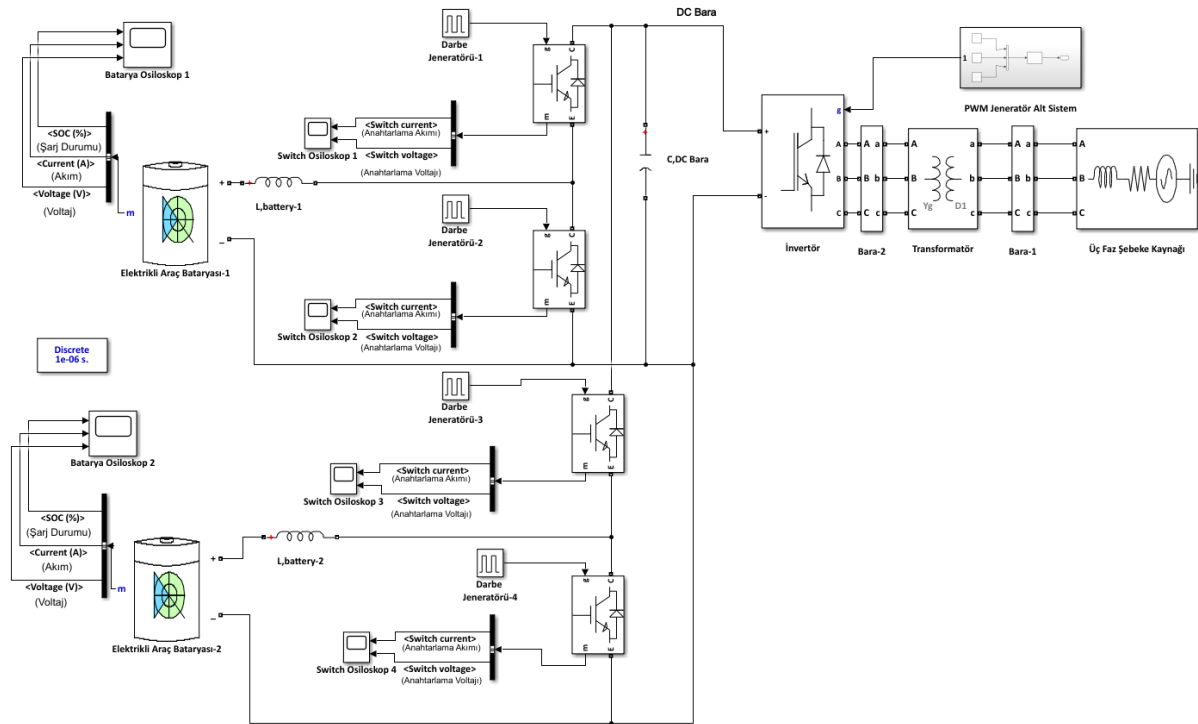
Filtre uygulanmış model Şekil 3’te yer almaktadır.

Tablo 2’ de DA hızlı şarj ünite simülasyonun filtresiz ve filtreli durumlardaki THD değerleri yer almaktadır.

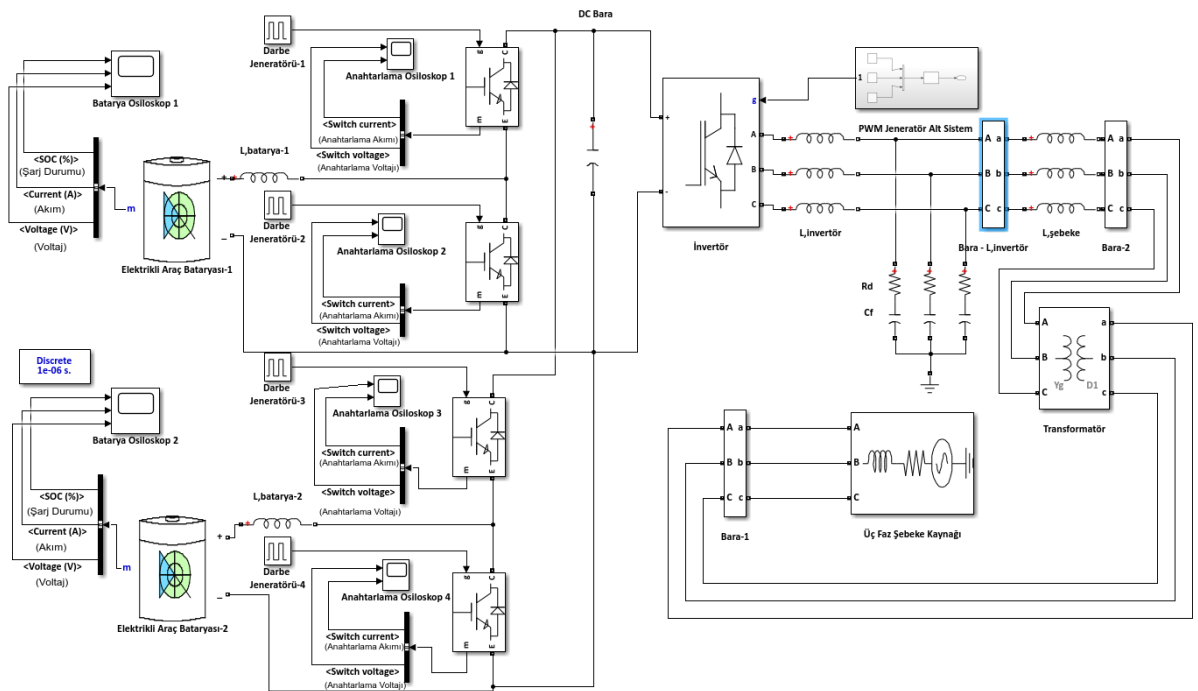
Sistemde 4 adet switch bulunmaktadır. 1 ve 3, 2 ve 4 numaralı switch osiloskopları aynı değerleri gösterdiği için sadece 1 ve 2 numaralı switch osiloskopları gösterilmiştir. Aynı zamanda sistemde 2 adet batarya bulunmaktadır. Bu bataryalar, şarj ünitesine bağlanabilecek en fazla 2 adet elektrikli araç olduğu için 2 adet batarya elektrikli aracın bataryasını temsilen modellemede yer verilmiştir. Her batarya aynı değer üzerinden enerji çekmektedir. Bundan dolayı sadece tek bataryanın osiloskop görüntüsü gösterilmiştir. Buna ek olarak, dalga formunda oluşan Toplam Harmonik Distorsiyon (THD) yani Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) analizinin yapılması sonucu daha net bir şekilde gösterilmiştir. FFT analizi yapılırken, akım, gerilim, SOC (State Of

Charge) üzerindeki harmonikler ayrı ayrı incelenmiştir. FFT analizde maksimum frekans değeri 1000 Hz, sistemin çalışma frekansı 50 Hz. olarak baz alınmıştır. Simülasyon 0.1

saneyelik zaman diliminde, powergui kullanılarak kesintili simülasyon yapılarak örnekleme zamanı 1×10^{-6} saniye alınarak THD ölçümü yapılmıştır.



Şekil 2. DA hızlı şarj ünitesinin (filtresiz) simulink modeli



Şekil 3. DA hızlı şarj ünitesinin (LCL filtrelili) simulink modeli

Tablo 2. DA hızlı şarj ünite simülasyonun filtresiz ve filtreli durumlardaki THD değerleri

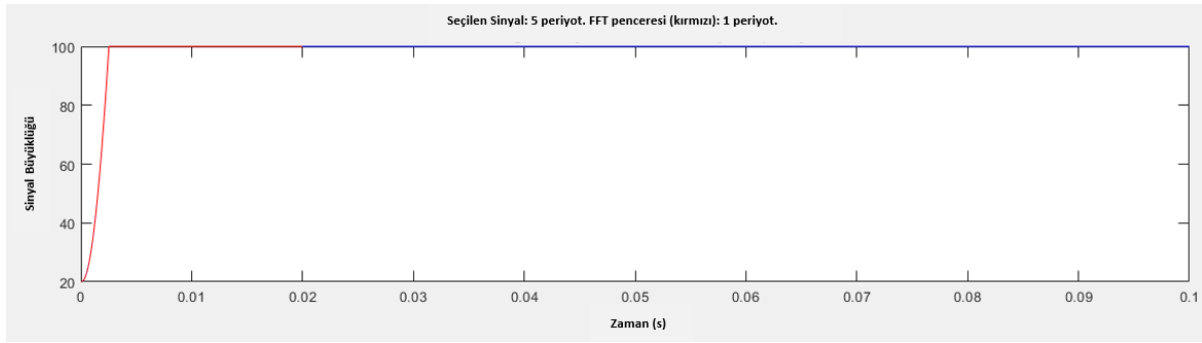
Toplam Harmonik Distorsiyon THD (%) -50 Hz	Filtresiz	Filtreli
Batarya-SOC	184.69	58
Batarya-Akım	32.04	13.85
Batarya-Gerilim	32.04	13.88
Switch-1 Akım	31.54	13.72
Switch-1 Gerilim	33.67	13.91
Switch-2 Akım	31.51	13.72
Switch-2 Gerilim	31.51	13.72

Osiloskop bağlanan komponentlerin akım ve gerilim değerleri incelendiğinde sinüzoidal dalga formundan uzak bozulmalar tespit edilmiştir. Bu dalga formunun bozucu etkilerinin harmonik etkilerden kaynaklandığı bilinmektedir. Harmonikler, elektrik sistemlerindeki bozucu etkilerdir. Bu bozucu etkiler, sistemin efektif çalışması için gerekli olan tam dalga sinüs formunun bozulması anlamına gelir [5]. Bu bozucu etkilerin sebebi ise, güç elektroniği elemanlarının yani yarı iletken ve mikroişlemci elemanlarının oluşturduğu yükler elektrik sistemlerindeki komponentlerin üzerinde bozucu etkiler oluşturmasıdır. Bu bozucu etkileri azaltmak için çeşitli yöntemler sistem üzerinde uygulanmaktadır. DA hızlı şarj ünitesi için bu modelde tercih edilen filtre LCL (Endüktans-Kondansatör-Endüktans) filtre şeklindedir.

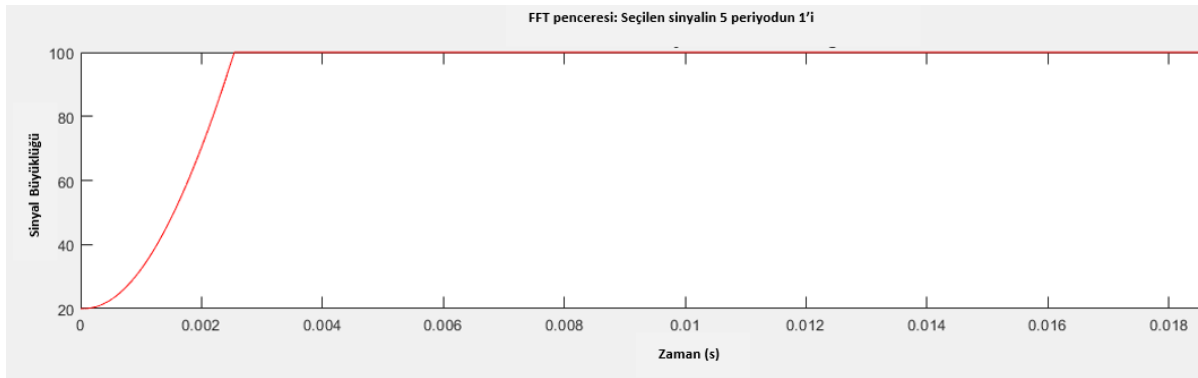
Sistem harmoniklerini azaltmak için pasif filtre tercih edilmiştir. LCL filtre, sistemin filtre öncesi etkilerine göre daha iyi çalışmasına yardımcı olmaktadır.

Harmonik bozucu etkisinin dalga formundaki bozulmaya ve bu bozucu etkinin LCL filtre kullanılarak THD değerinin nasıl düşürüldüğü sistem üzerinden örnek verilerek Şekil 3'te gösterilmiştir. Sinyal formu, harmonik bozulmaya uğrayan sinyal ve THD değeri batarya SOC değeri üzerinde örnek verilerek Şekil 4-Şekil 8'de gösterilmiştir.

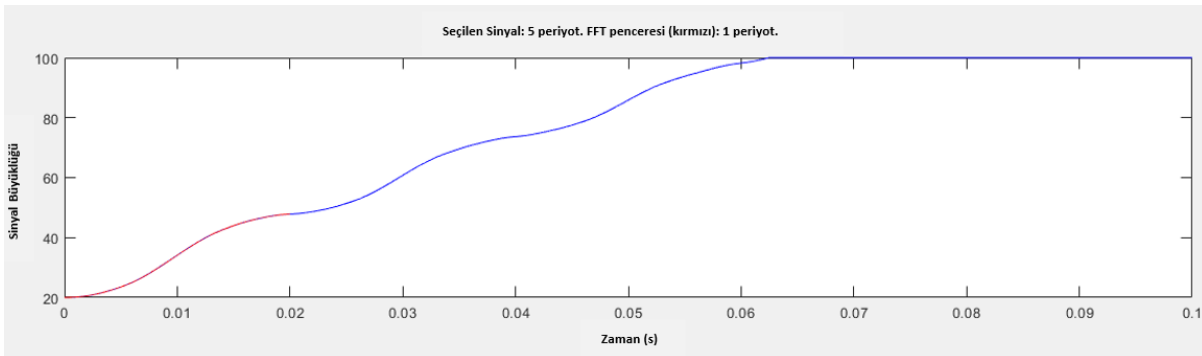
Tablo 3'te filtresiz ve filtreli sistem için 1. harmonik ile 19.harmonik bileşenlerine ait THD değerleri yer almaktadır. THD değerinde filtreleme öncesi ile filtreleme sonrası farklılıklar görülmektedir.



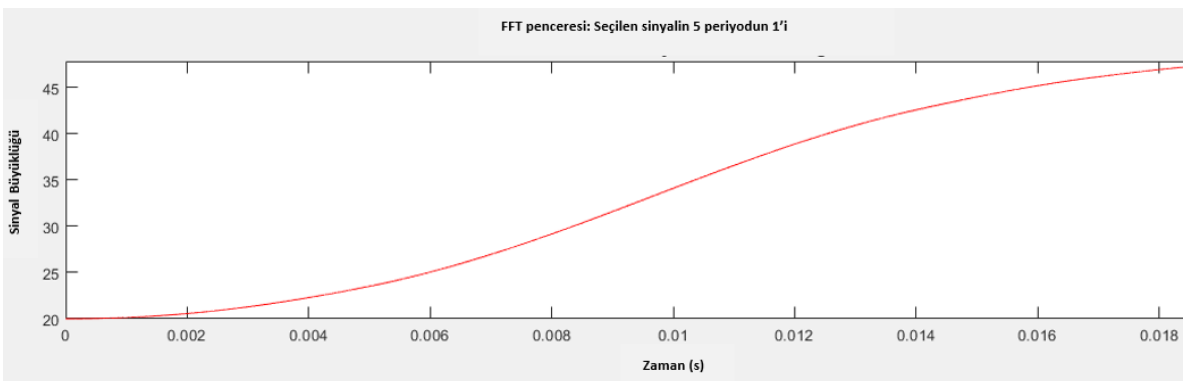
Şekil 4. Filtresiz sistemde batarya SOC gerilim sinyali



Şekil 5. Filtresiz sistemde batarya SOC harmonik sinyali



Şekil 6. Filtreli sistemde batarya SOC sinyali



Şekil 7. Filtreli sistemde batarya SOC harmonik sinyali

Tablo 3. Filtresiz-filtreli sistem batarya SOC, THD (%) değeri

Frekans	Harmonik Bileşen	THD (%) Filtresiz	THD (%) Filtreli
0 Hz	(DA):	703.90	277.11
50 Hz	(Temel):	100.00	100.00
100 Hz	(h2):	94.46	36.02
150 Hz	(h3):	85.73	24.96
200 Hz	(h4):	74.50	18.48
250 Hz	(h5):	61.70	14.58
300 Hz	(h6):	48.36	12.17
350 Hz	(h7):	35.64	10.44
400 Hz	(h8):	24.88	9.09
450 Hz	(h9):	17.72	8.07
500 Hz	(h10):	15.39	7.26
550 Hz	(h11):	16.25	6.60
600 Hz	(h12):	17.41	6.05
650 Hz	(h13):	17.47	5.59
700 Hz	(h14):	16.26	5.19
750 Hz	(h15):	14.15	4.83
800 Hz	(h16):	11.83	4.53
850 Hz	(h17):	10.08	4.27
900 Hz	(h18):	9.43	4.03
950 Hz	(h19):	9.67	3.82

Şekil 3'te görülen simülasyonda harmonik bozucu etkilerin azaltılması için LCL filtre uygulaması yapılmıştır. LCL filtre gibi filtreler harmonik bozucu etkileri mümkün olduğunca sönmülemektedir. Gerçekleştirilen simülasyon sonucunda görüldüğü gibi filtrelerin devredeki görevleri bozucu etkileri sönmülemektir.

Tartışma ve Sonuç

Yapılan analizler sonucunda THD değerlerinin LCL filtre uygulaması sonrasında düşüşe geçtiği ve batarya SOC değerindeki THD değerinin yüksek çıktığı (%58) görülmektedir. LCL filtre uygulaması oransal olarak %30'dan fazla harmonik düşüşünde yardımcı olmuştur. Diğer taraftan batarya ve switchlerin akım, gerilim harmonik değerlerinde ise %42 oranında düşüş gözlemlenmiştir.

Sistemin daha efektif sonuçlar vermesi için inverter ve batarya denetleyicilerinin de sisteme entegre edilmesi gerekmektedir. İnverter ve batarya denetleyicilerinin sisteme dahil edilmesi, sistemdeki akım ve gerilim düzeylerini kontrol ederek tüm sistemin daha optimum çalışmasına yardımcı olacaktır. Özellikle DA hızlı şarj ünitelerinin yüksek akım ve gerilim değerlerinde güç sağladıkları için sistemde arz-talep dengesi unsurlarına bağlı olarak dengesizlikler, sistemin yeterli cevabı verememesi gibi durumlar yaşanabilmektedir. Hangi araca ne kadar sürede ne kadar güç aktarılacağı ve bunun sistemde nasıl bir etki uyandıracacağı da önem arz etmektedir. Tüm bu süreçler denetleyiciler ile kontrol altında tutulabilmektedir.

Teşekkür -

Fon/Finansman bilgileri Yazarlar bu çalışmanın araştırması, yazarlığı veya yayınlanması için herhangi bir mali destek almamışlardır.

Etik Kurul Onayı ve İzinler -

Çıkar çatışmaları/Çatışan çıkarlar Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazarların Katkısı Tüm yazarlar, bu çalışmanın planlanmasına, yürütülmesine veya analizine yazar olarak dahil edilmek üzere yeterince katkıda bulunmuştur. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Kaynaklar

- [1] Angelov, G., Andreev, M., & Hinov, N. (2018, May 16-20). *Modelling of electric vehicle charging station for DC fast charging*. [Conference presentation]. 41st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE). Zlatibor, Serbia. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8443663>
- [2] Febriwijaya, Y. H., Purwadi, A., Rizqiawan, A., & Heryana, N. (2014, Nov 24-25). *A study on the impacts of DC fast charging stations on power distribution system*. [Conference presentation]. International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS). Bali, Indonesia. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7045233>
- [3] Erhan, K., Ayaz M., & Özdemir, E. (2013, Nisan 26-27). *Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarının Güç Kalitesi Üzerine Etkileri* [Konferans sunumu]. Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu, Ankara, Türkiye. <https://akillisebekeler.emo.org.tr>
- [4] Das, H. S., Rahman, M. M., Li, S., & Tan, C. W. (2020). Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, Article 109618. <https://doi:10.1016/j.rser.2019.109618>
- [5] Güven, A., & Yörükeren, N. (2019). Yalova Üniversitesi Merkez Kampüsünde elektrik enerji kalitesini etkileyen harmoniklerin incelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 123-143. <https://doi: 10.31466/kfbd.556101>