

AKILLI ŞEBEKELERE ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ENTEGRASYONU VE TAŞITTAN ŞEBEKEYE V2G UYGULAMALARI

Şule KUŞDOĞAN

Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi

kusdogan@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Akıllı şebekelerde, şebeke iletişim ağı ile elektrikli taşıtlarda ve fişli hibrid elektrikli taşıtlarda mobil batarya sistemleri, aynı zamanda enerji depolama ve yardımcı servisler olarak kullanılabilir. Şebeke entegreli elektrikli araçlar, akıllı şebekeler ve taşıtların çevresel etkisini azaltmak için umut verici teknolojilerdir. Bu bildiri elektrikli araçlarda, araçtan şebekeye teknolojisini (V2G) ve araçların güç şebekeleri üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. V2G teknolojisi şarj ve araç stratejilerine bağlıdır. Burada, elektrikli araçların şarj teknolojilerine bir bakış yapıldıktan sonra, Dünya çapında elektrikli araç şarjı için kullanılan standartlara ek olarak farklı enerji aktarım modları, şarj seviyeleri ile teknikleri ve dağıtım sistemleri üzerindeki etkileri incelenmektedir. Gelecek yıllarda elektrikli araç (EA) teknolojilerinin gelişimi ve EA için devlet desteği sağlanmasıyla şebeke entegreli EA çalışmaları daha da hızlanacaktır. Böylelikle şebekede EA kullanımının çift yönlü olması enerji fiyatını düşürecek ve EA'ların pratik etkilerini arttıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç (EA), enerji depolama, batarya, V2G, şarj teknolojileri, güç şebekeleri.

1. GİRİŞ

Büyük şehirlerde hava kirliliği, fosil yakıtların kaynağına, iklim değişikliğine, enerji fiyatının artmasına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu konular ulaşım sisteminin ve güç üretiminin

artmasıyla büyük ölçüde gündeme gelmektedir. Araştırmalar özel olarak,

konvansiyonel enerji kaynaklarına bağımlılığı minimize etmek için enerji teknolojileri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Elektrikli araç (EA) teknolojisi dağıtım ağı alt yapısındaki değişikliklere alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. EA'ların yayılımı, içten yanmalı motorlu taşıtlara yerleştirilmesiyle, üretim sektörlerinin ve ulaşımın en önemli parçalarının elektrifikasyonuna dayalı, ekonomik açıdan cazip yaklaşımlar sunmaktadır.

Son zamanlarda, akıllı şebekelerin geliştirilmesi, güç sistemini modernize etmiştir ve V2G (taşittan şebekeye) teknolojisinde EA'ların kullanımını geliştirmiştir. Akıllı bir şebekede, EA öngörülemez ve sabit olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının daha yüksek entegrasyonundan kaynaklanan güç dalgalanmalarını dengelemek için önemli çözümlerden biri olarak düşünülmektedir. Bununla birlikte, EA'ların entegrasyonu, batarya şarjı sırasında elektrik şebekesine ek yükler gibi davranır ve bu ek yükler, istenmeyen tıkanıklıklar, gerilim çökmesi ve dağıtım şebekesinde çeşitli olumsuz etkiler yaratabilir. Tüm bu konular, enerji sistemi operatörleri için yeni zorluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, EA'ların akıllı şebekeye basit bir geleneksel yük yerine akıllı şarj ve deşarj- yani iki yönlü V2G- çözümleri sağlaması zorunluluktur. Bununla birlikte, EA ile akıllı şebeke arasındaki

akıllı şarj ve deşarj sistemleri, akıllı ölçüm, güvenlik ve akıllı iletişim sistemleri kaçınılmaz olarak ek maliyetlere neden olacaktır. Akıllı şarj teknolojilerinin geliştirilmesi için çalışmalar hızla devam etmektedir.

Bu bildiride, V2G sisteminin avantaj ve dezavantajları incelenmektedir. Ayrıca, şarj teknolojisi, şarj istasyonları açısından elektrikli araçlar hakkında kapsamlı bir inceleme sunulmaktadır. Şarj teknolojisi, bir EA bataryası için enerji transferinde önemli bir rol oynamaktadır.

2. EA TEKNOLOJİLERİ

Elektrikli araçların çevresel, ekonomik ve akıllı şebekeler açısından sayısız faydaları vardır. Bununla birlikte, EA kullanıcıları hala maliyet, uzun ömür, sürüş menzili, şarj süresi ve emniyet konularında endişe etmektedirler. Gelişmiş lityum sülfürlü bataryalar, lityum iyonlu bataryalardan daha çok umut verici avantajlar sunmaktadır. Daha yüksek enerji yoğunluğu, geniş sıcaklık aralığı, gelişmiş güvenlik ve daha az sülfür bulunması nedeniyle daha düşük maliyetlidirler. Bununla birlikte, lityum sülfür bataryası yaygın bir şekilde ticari hale getirilmemiştir. Buna ek olarak, bu batarya, daha yüksek şarj ve deşarj döngüleri nedeniyle kendi kendini deşarj ve kapasite düşüşleri ile karşı karşıyadır. Gelişmiş batarya modellemesi, güvenli şarj ve deşarj, ağırlık ve boyutun azaltılması, bataryanın optimum kullanımı için önemlidir. Bu nedenle bu konuda daha çok araştırmanın yapılması gereklidir. Batarya teknolojisi gelişimi ve hızlı şarj istasyonlarının optimal yerleştirilmesi ve boyutlandırılması da şebeke bağlantılı olumsuz etkileri azaltır ve ekonomik faydaları artırır [1,2].

3. ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ TEKNOLOJİLERİ

Bu bölüm, güç seviyeleri, tipleri ve elektrikli araç şarj standartlarına genel bir bakış sunmaktadır.

3.1.Şarj etme sırasında güç seviyeleri ve altyapısı

Elektrikli araç besleme donanımı (EABD), elektrik enerjisini bir elektrik kaynağından elektrikli araç şarj kaynağına dağıtmak için kullanılır ve “yakıt tüketimi noktası” alt yapısıdır. Elektrikli araç besleme donanımı aynı zamanda tekrar elektrik şarj etme noktası olarak da bilinmektedir. Elektrikli araç bataryasına enerji sağlamak için arabirimleri ve bağlantıları birleştirir. Elektrikli araç besleme donanımı ve güç arasındaki arayüz doğrudan kontrol cihazı veya fiş ve elektrik prizidir. Spesifik güç konfigürasyonları, her ülkede değişiklik gösteren frekans, gerilim, elektriksel şebeke bağlantısı ve iletim standartlarıdır. Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü (EPRI), Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE), alternatif akım şarj seviyelerinin kategorize edilmesinde önde gelen bir rol oynamaktadır. Seviye 1, seviye 2 ve doğru akım hızlı şarj (DCFC) seviye 3, güvenlik sistemleri ve işlevsellik gereksinimleri ile birlikte sınıflandırılmıştır. Bununla birlikte, SAE standartlarındaki yeni revizyon, DC hızlı şarj doğru akım seviye 1 ve DC seviye 2 olarak sınıflandırmıştır. Uluslararası Elektrokimyasal Komisyon (IEC), IEC 61851-1 temeline göre elektrikli araçların dört modunu tanımlar: AC Mod 1 (yavaş), AC Mod 2 (yavaş), AC Mod 3 (yavaş/hızlı) ve DC Mod 4 (hızlı). Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü (EPRI), elektrikli araç sahiplerinin çoğunluğunun, kendi evlerinde gece boyunca EA'ları şarj

ettiğini belirtmektedir. Bu nedenle AC Seviye 1 ve AC Seviye 2, en yaygın şarj düzeyidir. Taşıt şarjında, bu şarj seviyeleri için AC'den DC'ye dönüşüm taşıttaki şarj cihazında meydana gelmektedir. Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü (EPRI)'ne göre şarj seviyeleri aşağıdaki gibidir:

3.1.1. Şarj seviyesi 1

Seviye 1- 12 A'lık şarjın, 16 A çıkışının iki katı kadar süreceği 15 A (12 A kullanılabilir) veya 20 A (16 A kullanılabilir) akım taşıma kapasitesine sahip, standart 120 V AC ev çıkışlarını kullanır. Bu şarj seviyesi genellikle standart elektrik çıkışı NEMA5-15R/20R, bir ucunda akım kesici cihaz ve diğer bir ucunda SAEJ1772 standart bağlayıcı kullanır. Seviye 1'de amper oranına bağlı olarak güçler 1.4-1.9 kW aralığındadır. Bu nedenle bu şarj seviyesinde EA'nın batarya türüne ve boyutuna bağlı olarak, tam şarj 8-16 saat sürer. Bu seviye hem konut hem de ticari binalarda en ucuz ve en elverişli şarj yöntemidir. Konutlar için ek bir alt yapı gerekli değildir, geceleri düşük pik oranları beklenmektedir. Özel konutlar için seviye 1 alt yapısı maliyetleri 500-800 \$ olarak tahmin edilmektedir.

3.1.2. Şarj seviyesi 2

Seviye 2, hem özel hem de kamu tesisleri için birincil ve önemli yöntem olarak tanımlanır. Bu seviye özel kurulum için 40 A'lık akım taşıma kapasitesine sahip tek fazlı 240 V AC'yi ve kamu kurumları için 80 A'lık akım taşıma kapasitesine sahip 3 fazlı 400 V AC'yi vermektedir. Çoğu düzey 2 elektrikli araç besleme donanımı 40 A (maksimum 32 A kullanılabilir)lik devre kullanmaktadır. Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE), seviye 2 için SAEJ1772 standartlarına dayanan uluslararası standart bir konnektör ve priz geliştirmiştir. Bu şarj seviyesi 7.7-

25.6 kW güç sağlayabilir ve EA batarya şarjı 4-8 saat sürer. EA kullanıcıları, normalde 240 V AC servisinin bulunması nedeniyle ev aygıtlarını etkilemeden gece boyunca EA bataryasını şarj edebilir. Genelde kullanıcılar hızlı şarj zamanı ve standartlaştırılmış taşıt-şarj bağlantısı nedeniyle, bazı kuruluşlara bağlıdır. Seviye 2 elektrikli araç besleme donanımı, elektrikli fırınlar, çamaşır kurutucuları gibi genel ev uygulamaları üzerinde çalışırlar. Bununla birlikte, hane halkının mevcut talebi % 25'e kadar arttırılabilir. Evde EA sağlama donanımı kurulurken, güvenli ve verimli şarj sağlamak için önemli prosedürler izlenmelidir. Kullanıcılar EA bataryalarını aynı zamanda üreticinin verdiği "ara kablo" vasıtasıyla evlerinin dışında da şarj edebilirler. Kablonun kendisi, aşırı akım ve aşırı sıcaklığı korur. Ayrıca toprak algılama özelliğine sahiptir. Yerleşim düzey 2 alt yapı kullanım maliyetleri yaklaşık olarak 2150-2300 \$, buna karşılık ticari kamu istasyonu maliyetleri 1500 \$ civarındadır. Örneğin, Tesla-Roadster şarj sistemi 3000 \$ ek bir maliyet yüklemektedir.

3.1.3. Şarj Seviyesi 3

Seviye 3 şarjı, ticari ve kamusal uygulamalar için optimaldir ve tüketicilere DC hızlı şarj işlemi ile petrol tabanlı bir ticari dolum istasyonuna benzer bir deneyim sunmayı amaçlamaktadır. Genel olarak hızlı şarj işlemi, batarya boyutuna ve tipine bağlı olarak minimum 10-15 dakikada % 80 şarj sağlar. Uygulamada, DC şarjı % 80'e kadar ölçülür; çünkü son % 20 için EA bataryasının tam şarjı çok uzun zaman alır. Seviye 3'de AC'den DC'ye dönüşüm genellikle kapalı bir şarj cihazında gerçekleşir. Böylece DC güç araca verilir. Araç dışındaki şarj cihazı, 2 AC ile üç fazlı

bir devre tarafından kullanılır. Hızlı EA şarjı sağlamak için, 200 A'ye kadar destekleyebilir. Taşıt dışındaki şarj cihazı EA'ların ağırlığını azaltarak, araç içi kabloları en aza indirmektedir. Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE) standartlarının yeni düzenlemesine göre DC hızlı şarj DC seviye 1 ve DC seviye 2 olarak ikiye bölünmüştür, çıkış gücü seviye 1 ve seviye 2 için sırasıyla 0-40 kW ve 40-100 kW olarak değişmektedir. DC şarj, sürücülerin diğer işlerini yaparken EA bataryasını hızlı bir şekilde şarj edebildiği otoyol dinlenme alanları, alışveriş merkezi alanları, devlet tesisleri, restoranlar, eğlence mekanları, havaalanları ve şehir yakıt ikmal noktaları için uygundur. Şarj istasyonu (CS) kurulum maliyeti potansiyel bir sorundur. Seviye 3, şarj alt yapı maliyetleri, bileşenlerin yapısına ve kalitesine bağlı olarak 50.000 \$ ile 160.000 \$ arasındadır. Şarj istasyonunun bakımı, başka bir maliyet faktörüdür. Bununla birlikte, kamudaki şarj istasyonlarının eksikliği menzil endişesine veya şarj kaygısına neden olabilir. Şekil 1 ve 2 elektrikli araç besleme donanımlarını (EABD) taşıt üstünde AC yavaş şarj ve taşıt dışında DC hızlı şarj şemaları düzenlemeleri olarak göstermektedir. Tablo 1, farklı elektrikli araçların şarj karakteristiklerini belirtmektedir [1]. Tablo 2, benzer EA bataryalarının şarj zamanlarını karşılaştırmakta ve SAEJ1772 standartlarının şarj seviyelerini göstermektedir.

3.2. Şarj sistemlerinin tipleri

Batarya şarj cihazı, enerjiyi yeniden doldurulabilir elektrikli araç bataryasına yönlendirmek ve elektrik akımını

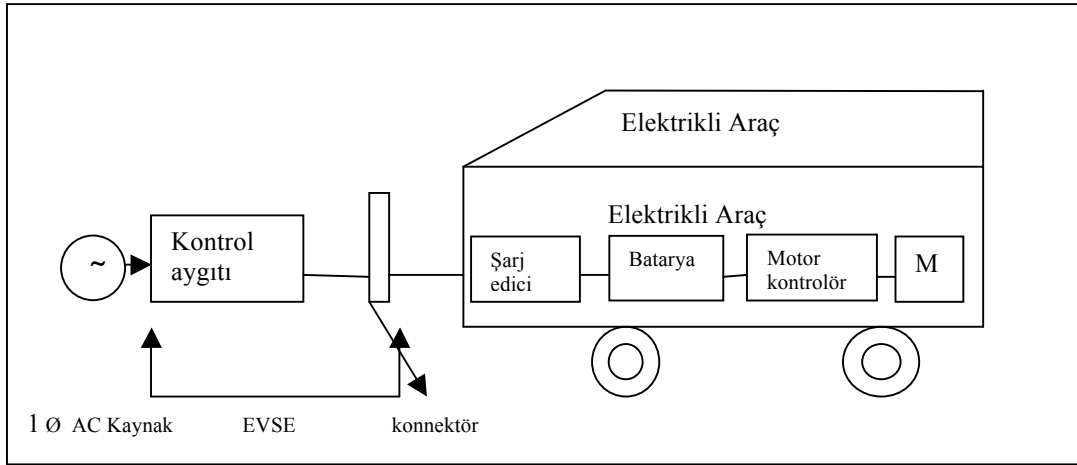
kontrol etmek için kullanılmaktadır. Elektrikli araç şarj cihazı, AC'yi DC'ye çevirerek elektrikli araç bataryasını yeniden şarj etmek için bir doğrultucu içerir. Şekil 3, batarya şarjının temel düzenini göstermektedir [1]. Batarya şarjı, iletken veya endüktif gibi enerji aktarım moduna ve batarya türlerine göre sınıflandırılmaktadır.

3.2.1. İletken şarj

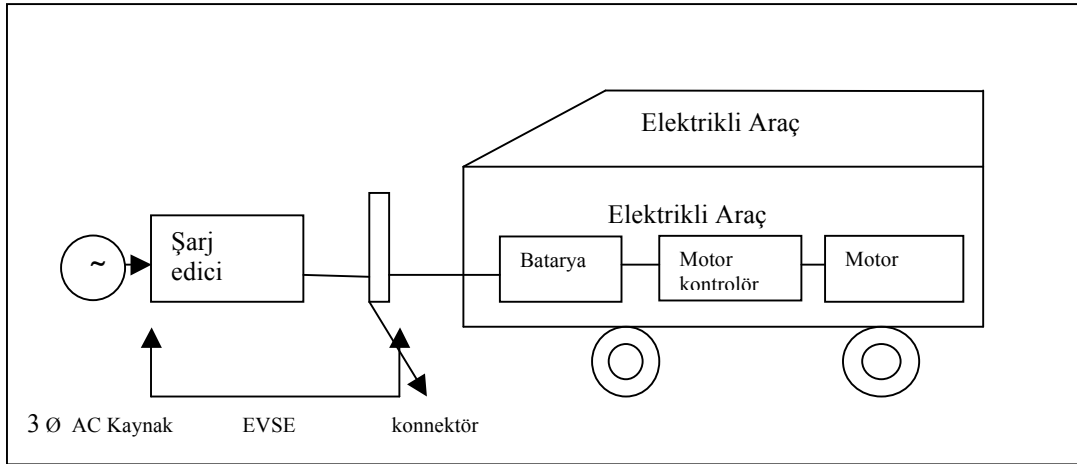
İletken şarj düzeni, gücü doğrudan temas yoluyla aktarır. Bu şema, enerji transferinin derecesi için elektronik aygıtlarla birleştirilmiş bir iletken kullanır. İletken şarj, basit ve yüksek verimlidir. Yerleşik yöntem veya ayrı bir yöntem olabilir. Yerleşik şarj cihazı, çoğunlukla yavaş şarj için kullanılır ve şarj etkinliği elektrikli araç içinde yapılır ve taşıt dışındaki şarj servisleri için sabit yerlere hızlı şarj servisleri kurulur. İletken şarj, Nissan Leaf, Tesla Roadstar ve Chevy Volt'ta mevcuttur. Şekil 4, hareketli şarj şemasını göstermektedir [1].

3.2.2. Endüktif şarj

Endüktif şarj, kablolu şarj olarak da bilinir. Elektrik enerjisini elektrikli araç bataryasına aktarmak için bir elektromanyetik alan kullanmaktadır. Endüktif şarj cihazının avantajı, tüm hava koşullarında elektriksel güvenliği sağlamasıdır. Son teknolojiye sahip, endüktif şarj cihazlarının dezavantajı, düşük verimlilik ve yüksek güç kaybıdır. Bununla birlikte, ticari bir endüktif şarj cihazı % 86'ya kadar bir verimlilikle yüksek güç sağlayabilir. Örneğin, 7.68 kW giriş gücünden 6.6 kW güç temin edilebilir. Şekil 5, endüktif şarj düzenini göstermektedir [1].



Şekil 1. AC yavaş şarj için EA besleme donanımı [1]



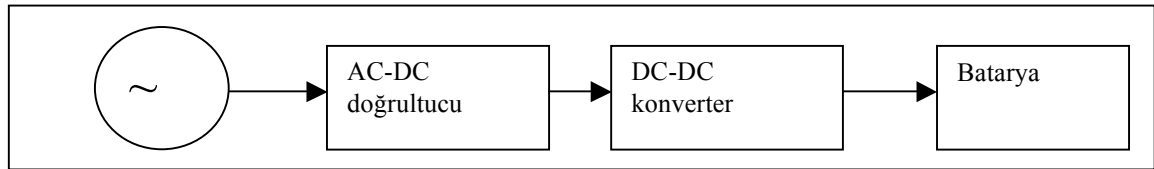
Şekil 2. DC hızlı şarj için araç dışında EA besleme donanımı [1]

Tablo 1. Farklı elektrikli araçların şarj karakteristikleri

Model	Taşıt tipi	Batarya Boyutu (kWh)	Enerji (kWh)	Menzil (km)	Enerji tüketimi (kWh/kW)	AC Seviye 1 Talep (kW)	Şarj zamanı (saat)	AC Seviye 2 Talep (kW)	Şarj zamanı (saat)	DC Seviye 3 Talep (kW)	Şarj zamanı (saat)
Nissan Leaf	EA	24	19.2	160	0.12	1.8	11	6.6	2.9	50	0.4
Mitsubishi i-MiEA	EA	16	12.8	150	0.086	1.5	9	3.6	4	50	0.26
Toyota RAV4	EA	41.8	32.18	160	0.20	1.9	17	9.6	3.35	50	0.64
Cooper (BMW)	EA	28	21.5	160	0.13	1.9	11	7.6	2.8	50	0.43
Sabarur Stella	EA	9.2	7.1	80	0.09	1.8	4	3.8	2	47	0.15
Tesla Roadster	EA	53	37.1	340	0.11	1.8	21	16.8	2.2	100	0.37
Chevrolet Volt	FHEA	17.1	13.7	64	0.21	1.4	10	3.6	4	N/A	N/A
Toyota Prius	FHEA	5.2	4.1	25	0.16	1.8	3	3.2	1.5	N/A	N/A
Buick	FHEA	8	6.4	16	0.40	1.4	4.6	3.2	2	N/A	N/A
Frisker karma	FHEA	22	17.6	80	0.22	1.8	10	3.6	5	N/A	N/A

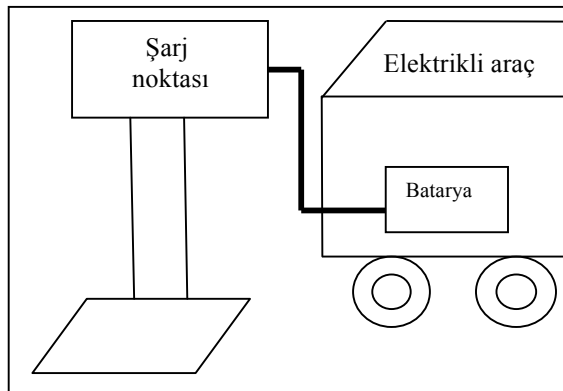
Tablo 2. SAE standartları şarj seviyeleri[1]

Seviye	Çıkış gerilimi ve akımı	Şarj yeri	Maksimum güç (kW)	Batarya boyutu (kWh)	Şarj zamanı (saat)	Kullanımı
AC Seviye 1	120 VAC-15 A (12 A kullanılabilir)	Taşıtta	1.44	24 (elde edilebilir enerji 19.2)	10-13	Ev veya ofis
	120 VAC-20 A (16 A kullanılabilir)	1 faz	1.92			
AC Seviye 2	240 VAC-40 A (32 A kullanılabilir)	Taşıtta	7.7	24 (elde edilebilir enerji 19.2)	1-3	Özel veya genel prizler
	400 VAC-80 A (64 A kullanılabilir)	1 faz/3 faz	25.6			
DC Seviye 1	208 VAC-80 A (64 A kullanılabilir)	Taşıt dışında	13.3	24 (elde edilebilir enerji 19.2)	0.5-1.44	Genel, ticari
	600 VAC-80 A (64 A kullanılabilir)	3 faz	38.4			
DC Seviye 2	208 VAC-200 A (160 A kullanılabilir)	Taşıt dışında	33.3	24 (elde edilebilir enerji 19.2)	0.2-0.58	Genel, ticari
	600 VAC-200 A (160 A kullanılabilir)	1 faz	96			

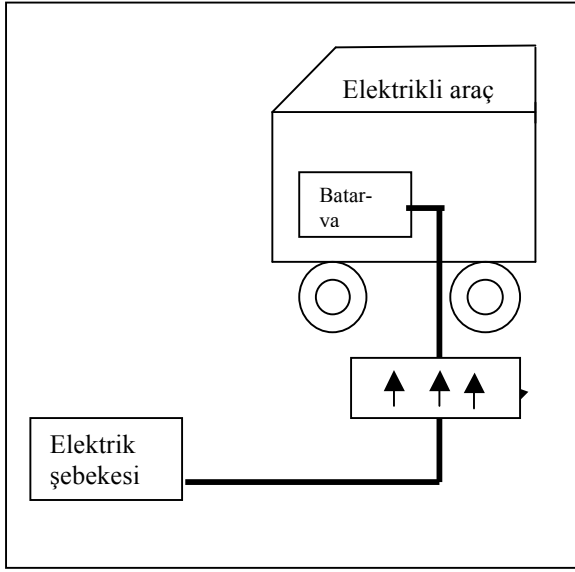


3 faz AC kaynak

Şekil 3. Batarya şarj edicinin temel bileşenleri



Şekil 4. İletken şarj



Şekil 5. Endüktif şarj

3.2.3. Batarya değişimi

Batarya değiştirme, kullanıcıların boş bataryalarını bir batarya değiştirme istasyonundan (BSS) tam şarj ile değiştirebileceği bir düzendir. Batarya değişim istasyonlarının, bataryaların merkezi konumlarda toplanması ve yönetilmesi göz önüne alındığında, uzun batarya yaşamı, düşük zaman tüketimi ve minimal maliyet gibi birçok avantajları vardır. Örneğin, tanınmış bir araç üreticisi olan Tesla, elektrikli araç bataryasını 90'larda değiştirir. Batarya değiştirme, şebekenin pik talebinde, önemli miktarda tasarruf sağlamaktadır. Batarya değiştirme istasyonlarının gerekli geniş alan ve yüksek yatırım maliyeti gibi bazı dezavantajları vardır; batarya yönetim sistemi de mevcut batarya güvenliği için yeterli değildir. Çin Dünya'da en çok sayıda batarya değişim istasyonu ve şarj noktaları inşa etmiştir.

3.2.3.1. Batarya şarj teknikleri

Yeniden doldurulabilir bataryalar, elektrikli araçların ana enerji kaynağı olarak düşünülür. Elektrikli araçların son zamanlarda yaygınlaşması, kurşun asit bataryadan lityum iyon batarya haline dönüşen batarya teknolojisinin önemli

ölçüde geliştirilmesinin bir sonucudur. Günümüzde araştırmacılar, elektrikli araç uygulamaları için lityum sülfürlü bataryalar gibi yüksek enerji yoğunluklu bataryaları araştırmaktadır. Bir elektrikli araç bataryasını şarj etmek için farklı şarj teknikleri bulunur. Geleneksel şarj teknikleri sabit akım (CC), sabit gerilim (CV), sabit güç, sızdırma akımı içermektedir. Gelişmiş şarj teknolojisi yakın zamanda sabit akım-sabit gerilim, darbe ve negatif darbe şarjı gibi teknolojileri birleştirdi ve bunlar bataryaları hızlı bir şekilde şarj etmek için kullanılmaktadır.

3.2.3.1.1. Yavaş şarj

Sabit akım (CC) en basit tekniktir, deşarj olmuş bataryaya düşük seviyede akım verir. Uygulamada, akım seviyesi, bataryanın maksimum nominal kapasitesinin % 10'u olarak ayarlanır. Bu şarj türü, nikel-kadmiyum ve nikel-metal hidrür bataryalar için en uygun olanıdır. Bununla birlikte, batarya aşırı yüklendiğinde, gazlanma ve aşırı ısınma meydana gelebilir. Benzer şekilde, küçük bir akım sızdırma akımı şarjında, bataryanın kendi kendine deşarjını telafi etmek için uygulanır. Bu şarj sistemi genellikle acil durum güç yedekleme sistemleri ve kurşun asit batarya için uygundur.

3.2.3.1.2. Hızlı şarj

Genel olarak sabit akım-sabit gerilim şarj teknolojisi, ticari şarj cihazlarının çoğunda bir lityum iyon batarya şarj etmek için kullanılır. Çünkü bu batarya diğerlerinden daha yüksek güç ve enerji yoğunluğuna sahiptir. Sabit akım-sabit gerilim tekniğinin avantajları, şarj sırasında batarya kontrolünün kullanımıyla şarj akımı ve gerilimini sınırlar; böylece aşırı gerilimler ve ısı stresi azalır. Öncelikle, önceden tanımlanmış bir gerilim seviyesine ulaşmaya kadar bir batarya şarj etmek

için sabit akım uygulanır ve daha sonra bir sonlandırma şartına ulaşılan kadar bir sabit gerilim kullanılır. Sabit şarj modu, sabit gerilim şarj modundan daha hızlıdır. Sabit gerilim modu, aşırı gerilim şarjını önlemek için kullanılır ve bu bataryanın ömrünün azalmasına neden olabilir.

Bataryanın şarj süresi, elektrikli araçların yayılmasında en önemli konulardan biridir. Çoğu çalışma, şarj süresini azaltmak ve batarya kapasitesini arttırmak için standart sabit akım-sabit gerilim şarj tekniğini geliştirmiştir. Aynı amaçla, PC tabanlı şarj tekniği de farklı çalışmalarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte, mevcut şarj sistemleri hala bazı sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle, geliştirme için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

3.3. Elektrikli araç şarj standartları

Elektrikli araç şarjı için Dünya'nın değişik bölgelerinde çeşitli standart türleri kullanılmaktadır. Tablo 3, Uluslararası Elektrokimyasal Komisyon (IEC) ve SAE'ye dayanan elektrikli araç şarj standartlarını göstermektedir. SAE, AC ve DCFC standartlarını tek bir üniteye birleştiren SAEJ1772 Combo olarak bilinen DC hızlı şarj için yeni bir konektör geliştirmiştir. Bu şarj standardı, elektrikli araçların geniş yayılımında, şarj problemlerine önemli bir çözüm sağlayabilir. Combo konektör, önceki standardın aksine, Japon otomobil üreticileri ve Tokyo elektrik güç kampanyası tarafından tanıtılan CHAdeMo olarak bilinen teknoloji, global standart haline gelmiştir. Buna karşılık, CHAdeMo sadece DC standardını içermektedir. Şekil 6 ve 7 sırasıyla Combo ve CHAdeMo konektörlerini göstermektedir [1].



Şekil 6. Yeni SAE combo konektör



Şekil 7. CHAdeMO konektör [1]

4. TAŞITTAN ŞEBEKEYE (V2G) SİSTEMİ

4.1. V2G Sisteminin Faydaları

EA'lar şarj sisteminin verimini arttırmak, sera gazı emisyonlarını ve petrole bağımlılığı azaltmak gibi pek çok avantajlar sunmaktadır. Ayrıca EA'ların en büyük avantajı, taşıttan şebekeye (V2G) olarak bilinen teknolojiyi kullanmaktır. V2G uygulaması, yalnızca elektrikli taşıtta uygulanan, temel olarak araçtan dağıtım şebekesine direkt olarak güç akışı sağlamaktır. V2G ile mevcut dağıtılmış enerji depolama aygıtlarının anında kullanılabilir olması sağlanır. Bu kavram ile batarya tiplerinin çeşitli uygulamaları piyasaya girmektedir [3, 4,5,6].

Tablo 3. Elektrikli araç şarj standartları [1]

Sayı	Standartlar	Amaç
1	IEC 61851; iletken şarj sistemleri IEC 61851-1 IEC 61851-23 IEC 61851-24	Kablolar ve bağlantı kurulumlarını tanımlar. DC hızlı şarj istasyonları için elektriksel güvenlik, harmonikler, şebeke bağlantısı ve iletişim yapısını açıklar. DC şarj kontrolü için dijital iletişim yapısını açıklar.
2	IEC 62196: Fişler, prizler, araç bağlantıları ve girişler. IEC 62196-1 IEC 62196-2 IEC 62196-3	Elektrikli araç bağlantıları için genel şartları açıklar. Farklı şarj modları için kuplaj tiplerini açıklar. DC hızlı şarj istasyonları için konektör ve girişleri tanımlar.
3	IEC 60309-Fişler, prizler ve bağlantı elemanları. IEC 60309-1 IEC 60309-2	Şarj istasyonu için genel gereklilikleri açıklar. Faz sayıları ve akım kaynakları tabanlı farklı fişlerle, farklı boyuttaki fişleri ve prizleri tanımlar, ayrıca gerilim ve frekans tabanlı renk kodlu konektörleri tanımlar.
4	IEC 60364	Binalar için elektriksel tertibatı tanımlar.
5	SAE J1772: iletken şarj sistemleri	AC şarj için bağlantıları tanımlar. DC hızlı şarj için yeni Combo bağlantısını tanımlar.

V2G kavramının uygulanmasında iki önemli bağlantı gereklidir:

- 1) Araçtan ve elektrik enerjisi iletimi için kullanılan güç bağlantısı.
- 2) Güç gönderdiğimiz yönde, güce ihtiyaç duyulduğunda geri besleme sinyalleri vermek için lojik ve kontrol bağlantıları.

EA'larda bunu uygulamak için program koduna ve bazı güç elektroniği aygıtlarına ihtiyaç vardır. V2G uygulaması, dağıtım şebekesinin üretiminde, sevinde kararlılık, güvenilirlik ve sistem verimliliğinde şebeke kaynağının performansını arttırmaya yardımcı olur. Tablo 4'de EA'ların pozitif etkileri verilmektedir.

EA'lar, dağıtılmış depolama aygıtları ve yük olarak görev yapabilir. EA'lar dağıtım şebekelerine bağlandığında, aracın bataryası, şebekeye yükün pik saatlerinde güç sağlamak ve sistemin güvenilirliğini arttırmak için kullanılabilir; bu V2G uygulamasını sağlar.

Tablo 4. Elektrikli araçların pozitif etkileri [3]

Pozitif etkiler	Faydalar
V2G'nin faydaları	-EA'lar elektrik şebekesi için güç kaynağı olarak kullanılabilir. -Güvenilirliği artırır ve güç sisteminin fiyatını daha düşük hale getirirler. -Dağıtım hatlarındaki kayıpları, gerilim düşümelerini azaltırlar. -Elektrik şebekelerinde frekans dalgalanmalarını azaltarak güç kalitesine katkıda bulunurlar. -Şebeke gerilimini dengeler.
Çevresel	-EA'lar ulaşım sistemleri için olumlu çevresel etkiler verirler. -CO ₂ 'yi ve diğer kirletici emisyonları önemli ölçüde azaltırlar.
Ekonomik	-Enerji EA'dan dağıtım ağına aktarılsa kullanıcılar yararlanabilir. -Düşük çalışma fiyatı sağlarlar.

Araç V2G uygulamasına sahip olduğunda şu özellikleri içerir: aktif güç regülasyonu, reaktif güç sağlama, yük dengeleme, harmonik filtreleme, çalışma maliyetini ve sistemin toplam maliyetini

azaltma, yük faktörü gelişimi, emisyon azaltımı, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının takibi, gelir elde etmek. V2G sistemine sahip EA'lar, yenilenebilir kaynaklar için yedekleme kaynağı sunmaktadırlar. Bu özellikler, frekans ve gerilimin kontrolü, dönen rezerv dahil olmak üzere yardımcı servisler sağlayabilir [3,6].

4.1.1.Yardımcı servisler

Tek yönlü V2G, elektrik şebekesindeki isteklerin yoğun olduğu zamanda, elektrikli araçların şarj hızlarını kontrol ederek şebeke gücüne yardımcı hizmetler sağlar. Yardımcı servisleri sağlamak için, büyük bir elektrikli araç kontrolü ve yönetimi gereklidir. Yardımcı servisler elektrik şebekesi regülasyonu ve döner yedek ünite olarak ikiye ayrılır. Elektrik şebekesi regülasyonu, üretim ve yük talebini karşılamak için frekans regülasyonu sağlar. Şebeke operatörleri genellikle, üretimi azaltarak veya arttırarak şebeke talebine cevap vermek için bu regülasyonu gerçek zamanlı olarak alırlar. Bununla birlikte güç dengesi, elektrikli araç yük talebini ayarlamak için tek yönlü veya V2G teknolojisi iki çalışma modunda “regülasyon yukarı” ve “regülasyon aşağı” olmak üzere kullanılır. Şebekeye bağlı elektrikli araçlar V2G teknolojisinde, dinamik yükler olarak düşünülmektedir. Tek yönlü elektrikli araçların çalışma noktasında, şarj oranları aşağıya veya yukarıya doğrudur. Diğer taraftan, dönen rezerv genellikle üretim kesintisini 10 dakika ile karşılayan, hızlı cevap veren ek üretimdir. Enerji dağıtım şebekesine enerji sağlanmamasına rağmen, elektrikli araçlar ile sağlanan yardımcı servisler mevcuttur. Bu politika, elektrikli araçlar için çok caziptir ve gelir kaynaklıdır.

4.1.2.Aktif güç desteği

V2G servisinde, elektrikli araçlardaki fazla enerji, elektrik şebekesine aktif güç sağlamak için kullanılmaktadır. Aktif güç desteği, elektrikli araçların batarya enerjisini deşarj etmesini gerektirir ve bundan dolayı tek yönlü V2G kullanılmaz sadece iki yönlü V2G kullanılır. Bu hizmetin amacı, pik yük traşı ve yük düzeyi ile şebekeyi düzleştirmektir. Bir gün boyunca, pik güç genellikle kısa bir süre için gereklidir. Bu nedenle, pik yük talebini dağıtım kaynaklarından, örneğin şebekeye bağlı elektrikli araçlardan sağlamak daha ekonomik olmaktadır. Elektrikli araçlar, yükün pik periyotlarında, pik değerini azaltmak için, şebekeye enerji sağlamak için kullanılmaktadır. Bu, pik yük periyotları boyunca güç sistemi üzerinde uygulanan yükün azaltılmasına yardımcı olabilir ve elektrikli araç sahiplerine enerji oranında ödeme yapılabilir. Pik olmayan saatler süresince, elektrikli araç sahipleri daha düşük enerji fiyatıyla araçlarını şarj edebilirler.

Aktif güç desteği, V2G'nin önemli bir hizmetidir ve pek çok faydaları bulunmaktadır. Avantajlarından biri kayıpları azaltmaktır. Güç sistemi çalışma kapasitesini daha düşük seviyede tutarak, genel güç kayıplarını azaltacaktır. Geleneksel olarak güç sistemi, yük talebinin en yüksek pik noktasını karşılayacak şekilde yapılandırılmıştır. Böylece, güç donanımı pik olmayan saatler sırasında faydalı hale getirilmektedir. V2G teknolojisinin kullanılmasıyla pik yükleri azaltma teknolojisi ile güç donanım kapasitesi maksimum yapılabilir ve fiyatı yükselten ilave donanımlar önlenir. Buna ek olarak, pik saatlerde elektrikli araçların şarj zamanını farklı bir zamana kaydırmak, güç sisteminin ve donanımlarının aşırı yüklenmesini

önlemek için iyi bir yöntemdir. Pik yükü traşlamak ve yük dengelenmesini gerçekleştirmek için V2G uygulaması, güç sistemine bağlı elektrikli araçların kapasitesinin durumuna göre belirlenir. Elektrikli araç enerji depolama birimlerini yönetirken elektrikli araç bağlantılarının şebekeye bağlanmasında, elektrikli araç bataryasının deşarj oranı ve elektrikli araçtaki mevcut enerji gibi birçok faktör göz önüne alınmalıdır. V2G kontrol stratejisini tasarlamak için ilgili kısıtlamalarla yük profilini düzleştirmek için çalışmalar devam etmektedir. Optimizasyon tekniği olarak da bilinen bu teknik elektrikli araç sahipleri ve güç santrali için faydalıdır.

4.1.3. Reaktif güç kompanzasyonu

Reaktif güç kompanzasyonu, güç şebekesine gerilim regülasyonu sağlamak için bir tekniktir. Reaktif güç desteği aynı zamanda güç faktörünün düzeltilmesini sağlar, üretimdeki akım akışını ve güç hatlarındaki güç kayıplarını azaltır. Daha da fazlası, bu hizmet güç donanımının yükünü azaltarak güç sisteminin çalışmasında verimlilik artışına neden olur. Reaktif güç kompanzasyonu için konvansiyonel yöntem, dağıtım generatöründen reaktif güç çekerek veya statik volt-amper-reaktif kompanzator ile elde edilir. Bu durumlarda, güç şebeke kompanzasyonu için kapasitif reaktif güç gereklidir. Bu nedenle şebekeye bağlı elektrikli araç, reaktif güç kompanzasyon servisi sağlayabilir. Elektrikli araç çift yönlü batarya şarjının DC bağlantı kapasitörü tarafından aktif güç kompanzasyonu sağlandığı için bu servis batarya ömründe herhangi bir bozulmaya neden olmaz. Reaktif güç kompanzasyonu, değişik kontrol stratejileri ile kontrol edilerek yapılabilmektedir. İki yönlü elektrikli araç hızlı şarj istasyonlarının gelişimi ve tasarımı ile elektrikli araç hızlı şarj kontrolünde de güç

kompanzasyonu kontrolü sağlanmaktadır. Aktif güç kompanzasyonu kontrolü, elektrikli araç hızlı şarj işlemi sırasında şebeke gerilimini, gücü kontrol eder. Bu nedenle, elektrikli araç şarj işlemi nedeniyle şebeke gerilim düşüşü sorunu, elektrikli araç şarj istasyonunun önerilen reaktif güç kompanzasyonu kontrolü ile sağlanabilir.

4.1.4. Yenilenebilir enerji kaynaklarına destek

İnsan sağlığını ve çevreyi tehdit eden düzeydeki karbondioksit emisyonlarının iki ana kaynağı, enerji üretimi santralleri ve ulaşım sektörüdür. Yenilenebilir enerji üretiminin yaygınlaştırılması, çevrenin korunmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimi, kesinlikle çevresel faktörlere bağlıdır. Tahmin edilemeyen ve sabit olmayan enerji üretimi, yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajıdır.

Elektrikli araçların güç sistemine entegrasyonu, elektrik sistemine yukarıdaki konularda bir çözüm olabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının aralıklı sorunu, enerji depolama veya enerji yedekleri olarak elektrikli araçların filosu kullanılarak çözülebilir. Elektrikli araç filoları, yenilenebilir enerji üretimi yetersiz olduğunda gerekli gücü sağlamak için enerji yedekleri olarak hareket eder. Bu arada yenilenebilir enerji kaynaklarının yarattığı aşırı enerjiyi absorbe etmek için enerji depolarlar. Araştırmalar, şebekeye daha fazla bağlı elektrikli araç batarya kapasitesiyle, daha büyük yenilenebilir enerji kapasitesinin güç sistemine dahil edilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle elektrikli araç, yenilenebilir enerji üretimi endüstrisinin ekonomisini geliştirebilir. Yenilenebilir enerji kaynağı ve elektrikli araç arasında uygun

enerji yönetimi ile, gelecekteki elektrik şebekesi daha temiz ve daha sürdürülebilir olacaktır [3,6].

Elektrikli araçları yenilenebilir enerji sisteminde enerji depolamada kullanırken, V2G'nin temel amacı, elektrikli araçların potansiyelini en üst düzeye çıkarmak, hem elektrikli araç sahipleri hem de elektrik santralleri için kar ve teşvik sağlamak önemlidir. Yenilenebilir enerji için elektrikli araçların yerleşimi ve optimal boyutlandırma da oldukça önemlidir.

4.2. V2G zorlukları

V2G uygulaması, güç şebekesine bol miktarda avantaj ve esneklikler getirecektir. Bununla birlikte, V2G henüz olgunlaşmamış yeni teknolojilerden biridir. V2G teknolojisini benimsemek için birçok ekonomik, teknik ve sosyal zorlukların aşılması gerekmektedir.

Tablo 5. Elektrikli araçların negatif etkileri

Negatif etkiler	Çözümler
Gerilim kararsızlığı	-Salınımları sönmölemek için geniş alan kontrolü uygulanır
Artan pik talebi	-Akıllı şarj kullanılır
Güç kalitesi problemleri	-Kontrollü şarj için akıllı şebeke uygulaması kullanılır. -Besleme sistemine harmonik filtre montajı kurulur. -Yük yönetimi stratejisi ile akıllı şebeke kullanılır.
Güç kayıpları artar	-Koordineli şarj uygulanır. -Düzgün dağıtılmış şarj uygulanır. -Akıllı yük yönetimi stratejisi kullanılır.
Transformatör aşırı yüklenmesi	-Akıllı yük yönetim stratejisi kullanılır.

Tablo 5, elektrikli araçların kullanımında şebekelerde ortaya çıkan negatif etkileri sunmaktadır [3].

4.2.1. Bataryanın bozulması

Batarya hücreleri, bataryanın şarj ve deşarj devirleri sırasında aşamalı olarak bozulacaktır. Bataryadaki tersinir kimyasal reaksiyonlar, iç direnci arttıracak ve kullanılabilir batarya kapasitesini azaltacaktır. Batarya ömrü, şarj-deşarj oranları, gerilim deşarj oranı ve sıcaklık gibi birçok faktöre bağlıdır. Elektrikli araçların V2G teknolojisine katılımları, bataryanın daha fazla şarj ve deşarj oranlarını gerektirir ve bu bataryaların daha hızlı bozulmasına neden olabilir. V2G uygulamasının fizibilitesinde ekonomik ve teknik faktörler göz önüne alınmalıdır. Batarya hızlı şarj ve deşarj döngüleri, daha düşük devirlere göre daha fazla batarya bozulmasına neden olmaktadır. Bataryanın yaşam süresini tahmin etmek için eşdeğer seri direnç parametresi (ESR) kullanılabilir. Deşarj oranı arttığında ve batarya sık şarj-deşarj edildiğinde, bataryada ESR artış sağlayacaktır. Bataryanın bozulmasını azaltmak için diğer bir önemli faktör de deşarj oranının derinliğidir. Batarya yaşam süresi kabul edilebilir aralıkta olduğunda, batarya % 60'dan daha az deşarj kaybetmelidir. Bundan dolayı, en iyi batarya kullanım oranı şarj durumunda, %30-90 aralığındadır. V2G teknolojisinin uygulanmasında, batarya teknik faktörleri ve finansal faktörler arasındaki denge, V2G kontrol stratejisi ve güç verimi de önemlidir.

4.2.2. Yüksek yatırım maliyeti

V2G uygulamalarında, güç sistemlerinin derecelendirilmesi için yüksek yatırım maliyeti gereklidir. V2G uygulamaları için donanım ve yazılım altyapılarında iyileştirmeler gereklidir. V2G sistemine katılan her elektrikli araç için çift yönlü bir batarya şarj aleti gereklidir. Çift yönlü batarya şarj cihazı, kompleks kontrolör ve yüksek güvenlikli kablolardan oluşan bir donanımdır. Buna

ek olarak V2G, güç sistemindeki finansal dezavantaj ile doğrudan ilişkilidir ve enerji kayıplarını artırma potansiyeline sahiptir. V2G uygulaması, sık sık şarj ve deşarj döngüleri gerektirir ve bu süreçler de daha fazla enerji dönüşüm kayıplarına sebep olur. Elektrikli araçlardan oluşan geniş bir filo için şarj/deşarj işlemlerinde çoklu enerji dönüşümleriyle, güç sisteminde ciddi enerji kayıplarına sebep olur.

4.2.3. Sosyal engeller

V2G uygulaması için çok sayıda elektrikli araçların katılımı kritik gerekliliktir. Bununla birlikte V2G teknolojisinin adaptasyonuna kamunun uyum sağlama süreci toplumsal engellerden biridir. Çoğu durumda, elektrikli araç sahipleri, acil kullanım ve öngörülmemiş yolculuk için elektrikli araç bataryasında depolanan enerjinin bir bölümünü saklayacaktır. V2G teknolojisinde yer alarak elektrikli araç bataryalarının enerjisini güç şebekesine verenler arasında bu endişe oluşabilmektedir. Eksik şarj, tesisin durumunu kötüleştirir. V2G'nin uygulanmasına yönelik sosyal engelleri azaltmak için, iyi planlanmış elektrikli araç şarj ağı gereklidir. Buna ek olarak V2G yönetim kontrolünde, elektrikli araç şarj durumunu seviyesi de göz önünde bulundurulmalıdır. V2G bağlantısı, elektrikli araç için başlangıçta ayarlanan şarj seviyesi değerinin altına düştüğünde kesilmelidir. Böylelikle elektrikli araç bataryasının günlük sürüş kullanımı için yeterli enerji sağlanacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, Dünya çapında EA şarjı için şu anda kullanılan standartlara ek olarak farklı enerji aktarım modları, şarj seviyeleri ve tekniklerini sunmaktadır. EA'larda bataryayla ilgili olarak, boyut ve enerji kullanılabilirliği, taşıt menzili,

enerji tüketimi, şarj güç seviyeleri ve şarj zamanı için bir karşılaştırma yapılmıştır. Buna ek olarak, EA'ların etkileri, olumsuz etkiler için çözümler ve olumlu etkiler için faydalar sınıflandırılmıştır. Ayrıca, piyasadaki büyük ölçekli dağıtım için EA'ların güncel sorunları, zorlukları ve gelecekteki araştırma alanları vurgulanmıştır. Aynı zamanda, çoklu güç kaynaklarının entegrasyonu, kararlılık, dağıtım ağlarının güvenilirlik analizi ve şarj istasyonlarının güç kalitesi sorunları da göz önüne bulundurularak konum ve boyut optimizasyonu ile ilgili olarak batarya performansı ve akıllı şebekeler hakkındaki araştırmalar geliştirilmelidir. Elektrik şebekesinde enerji depolama ve elektrikli araçlar, yeni enerji depolama tekniklerini geliştirmek için iyi bir seçenektir. Elektrikli araçlarda enerjisi depolama teknolojileri, akıllı şebekelerin geliştirilmesinde en önemli unsurlardan biridir.

KAYNAKLAR

- [1] Shareef S., "A review of the stage-of-the-art charging technologies, placement methodologies, and impacts of electric vehicles", 2016, Renewable and Sustainable Energy Reviews 64, pp.403-420.
- [2] Kumar M.S., Revankar S.T., "Development scheme and key technology of an electric vehicle:An overview", April 2017, Renewable and Sustainable Energy and Sustainable Energy Reviews, Vol.70, pp.1266-1285.
- [3] Tan K.M., et al, "Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques", 2016, Renewable and Sustainable Energy Reviews 53, pp.720-732.

[4] Haidar A.M.A., et al, "Technical challenges for electric power industries due to grid-integrated electric vehicles in low voltage distributions: A review", 2014, Energy Conversion and Management 86, pp.689-700.

[5] Zhao Y., et al, "Vehicle to Grid regulation services of electric delivery trucks:Economic and enviromental benefit analysis", 2016, Applied Energy, 170, pp.161-175.

[6] Hosseini S., "A survey on mobile energy storage systems (MESS): Applications, challenges and solutions", 2014, Renewable and Sustainable Energy Reviews 40, pp.161-170.