

AKILLI ŞEBEKELERDE DAĞITILMIŞ ENERĐİ DEPOLAMA OLARAK FIŐLİ ELEKTRİKLİ ARAÇLAR

Őule KUŐDOĐAN

Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
Kocaeli-Türkiye
e-mail: kusdogan@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Elektrik güç sistemlerinde akıllı Şebeke, artan yenilenebilir enerjilerin, dağıtım Şebekesi donanımını yönetmek için, geliştirilmek zorunda olan yaygın olarak tanınan yeni bir çözümdür. Esnek kentsel enerji sistemleri ve önemli ölçüde sürdürülebilir yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve araştırılması konusundaki çalışmalar, fosil yakıtlar ile ilgili güvenlik ve çevre kaygılarından dolayı hızla artmaktadır. Fişli elektrikli araç (FEA-plug in elektrikli araç), gelecekteki çevresel ve ulaşımdaki ekonomik zorlukları karşılamak için yeni teknolojilerden biridir. Yenilenebilir enerjilerden veya elektrik güç Őebekelerinden Şarj edilebilen tüm fişli elektrikli araçlar, gerektiğinde elektrik güç Şebekesine, binalara ve ev uygulamalarına ilave güç sağlayan dağıtılmış enerji depolama (DED) da dinamik olarak yayılabilir. Verimli, güvenilir, esnek, ekonomik ve çevre dostu olarak, dağıtım elektrik güç sistemleri için artan müşteri talebi ile pazar payı birleştirildiğinde gelişen fişli elektrikli araçların yayılmasındaki etkileşim hızlanacaktır. Bu bildiri, fişli elektrikli araçlardaki gelişmeleri ve özellikle teknoloji alanında mobil dağıtım enerji depolama olarak akıllı Şebeke ortamındaki ilgili altyapıları, sistem etkisini ve çalışmasını değerlendirecektir. Araçtan Şebekeye (V2G) çalışmasının güncel durumunu sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji depolama, talep cevabı, dağıtım-üretim, fişli elektrikli araç, akıllı Şebeke, depolama teknolojileri, V2G.

I. GİRİŐ

Dağıtım enerji kaynakları, artan çevresel kaygılar, elektrik endüstrisindeki yeniden yapılanma, dağıtım sistemlerini etkilemektedir. Fişli elektrikli araçlar (FEA), doğal olarak dağıtım enerji kaynaklarından (DEK) biridir ve özellikle dağıtım enerji depoları Őeklinde, talep tarafı yönetimi için acil yedek güç kaynağı olarak kesintisiz işletmeler için kullanılmaktadır. Geleneksel karbon bazlı fosil yakıtların yerine, direkt olarak elektrikle çalışan FEAlar, güveni arttırmak, fiyat dalgalanmalarını azaltmak, enerji verimliliğini teşvik etmek, sera gazı emisyonlarını azaltmak için etkili ve gelecek vaat eden bir çözüm olarak kabul edilir. Günümüzde, yük dağıtım kuruluşları için FEAlar, dağıtım sistemlerinde kayıplara ve gerilim düşümüne neden olan, yük profilini etkileyen yeni bir yük tehditi olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, FEAlarda batarya sistemleri, gerektiğinde

yardımcı servisler olarak, elektrik güç Şebekesine kaynak olmaktadır.

Batarya teknolojilerinin sürekli gelişimi ile fiyat azaltımı sağlanarak FEAlar ulaşımda ve geleneksel fosil yakıt tabanlı araçların yerine, ekonomik bir seçim olabilir. FEA, menzil olarak 160 km'ye kadar seyahat edebilir, hızlı Şarj istasyonu veya 15/30 A ve 120/240 V'luk basit bir ev prizi kullanılarak 24 kWh'lik batarya yeniden doldurulabilir. Araç Şarj standartlarının geliştirilmesi yönündeki çalışmalar hızla devam etmektedir. Son 10 yıldır FEAların ticarileşmesinde otomobil kampanyalarının da etkisi bulunmaktadır. Uzun dönemde çoğu araç, tamamıyla batarya güçlü olabilir.

FEA teknolojilerinin gelişimi, sistemin çalışmasının dayanıklılığına bağlıdır. Artan talebi karşılamak için, güvenilir donanım ve ekonomik verim ile gerekli alt yapıların sağlanması gerekmektedir. Elektrikli araçlar, özellikle akıllı Şebeke ortamında

esnek, sürdürülebilir şehir enerji sistemlerinde güvenilir, fiyat ve enerji verimliliğini sağlayan bileşenleri oluşturan vazgeçilmez bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Akıllı şebeke sistemlerinin veya mikro şebekelerin bütün bileşenleri, FEAlar, şarj ediciler, şebekeler, bataryalar ve depolama, yenilenebilir bazlı dağıtım üretimi ve kontrol tesisleridir. Sonuç olarak, gelişmekte olan aktif sistemler geleneksel pasif dağıtım sistemlerinin yerini almaktadır.

FEA performansı ve etkileri üzerinde önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu bildiride FEAların durumu ve dinamik olarak dağıtım enerji depolamanın analizi gözden geçirilmektedir. Ayrıca dağıtım enerji depolama sistemlerinin ve FEAların özellikleri incelenmektedir.

Elektrik şebekesinin sistem analizi ve kararlılığı için, aşağıdaki alanlarda gelişmeler ve akıllı şebekeler değerlendirilmektedir:

- güvenilirlik : yeterli güç kalitesi ve azaltılmış kesinti sıklığı ve süresi ve gelişmiş müşteri hizmetleri;
- gizlilik : doğal afet olayları ve saldırılar için azaltılmış açıklar;
- ekonomik: gelecekteki elektrik fiyatları üzerinde, tüketicilerin enerji faturalarındaki seçenekler ve fırsatlar için aşağı yönlü baskı;
- verim: tüketiciler tarafından enerji tasarrufu, azaltılmış sistem kayıpları ve çalışma, bakım ve sermaye harcamalarında azalmalar;
- çevre dostu: aralıklı yenilenebilir kaynakların etkinleştirilmesi;
- güvenlik: kamu ve çalışanlar için koruma.

Bütün bu özellikler, elektrik şebekesinde birçok hizmet için kurulduğunda ve uygulandığında internet ve elektrik şebekesi tek küresel ağda birleşecektir.

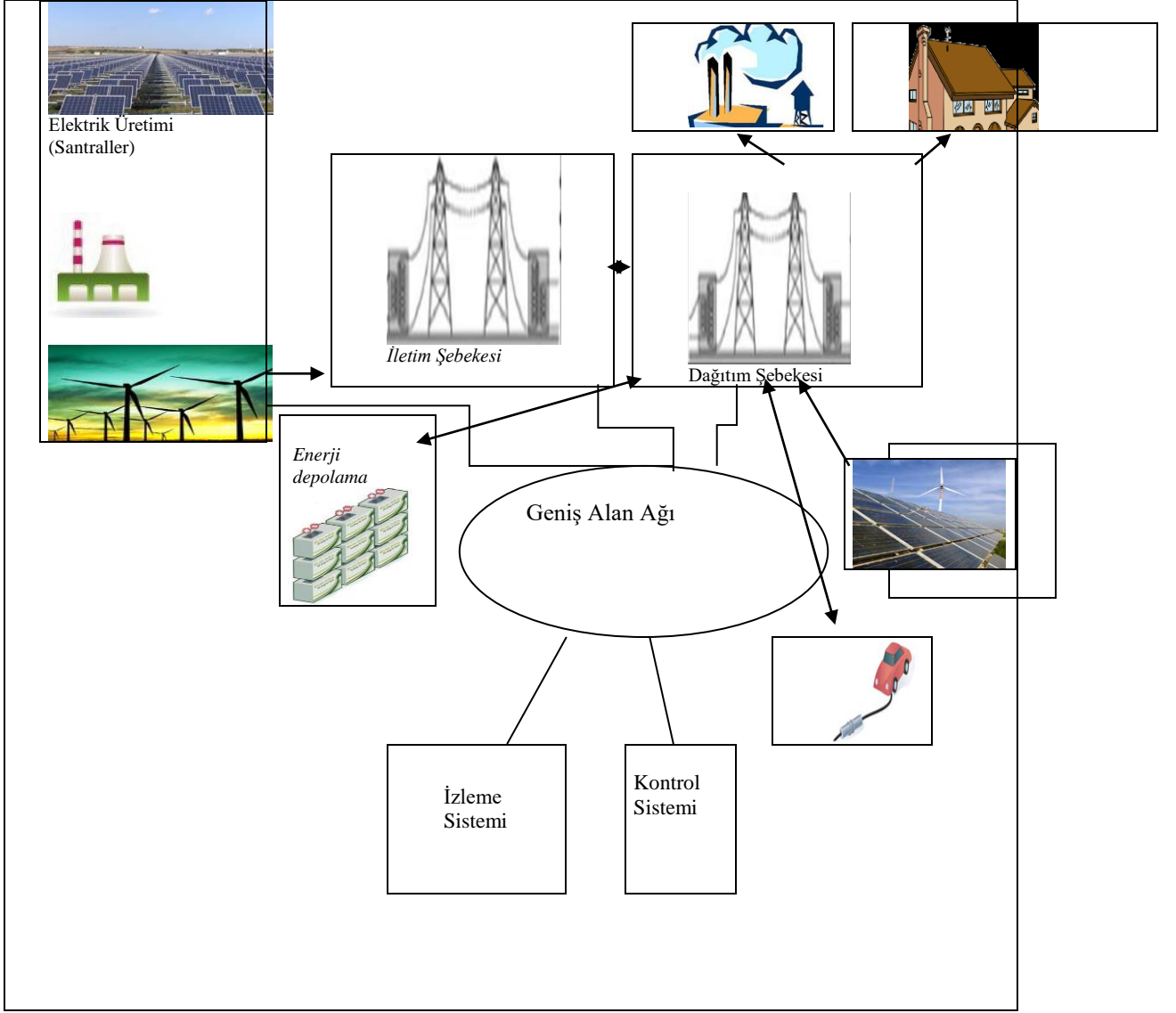
II. AKILLI ŞEBEKELER İÇİN TEKNOLOJİLER

Bir akıllı şebeke entegrasyonu, güç akışında her yöne daha fazla servis ve verimlilik için birçok teknolojinin birlikte çalışmasını içerir.

Dağınık üretim ve ET ile ilgili problemleri çözmek veya azaltmak için, teknolojiler:

- 1) Enerji depolama;
- 2) Bilgi ve haberleşme teknolojileri;
- 3) Entegre edilmiş telekomünikasyon platformları.

Depolama, elektrikli araçların güç yükünü ve dağınık güç üretiminin değişkenliğindeki birçok problemi çözmek için yararlı bir teknolojidir. Rüzgar ve güneşten depolanan enerji ile, lojik güç yönetimi ve yüksek talepte şebekeye enerji vermek mümkündür. Aynı zamanda, enerji üretimine bağlı olarak yönetilebilen yüklerde yük kayması uygulaması mümkündür. Artan yenilenebilir enerjilerin sayesinde çevresel sürdürülebilirlik değeri maksimum yapılabilir; böylece şebekede aşırı talepte pürüzsüzlük sağlanabilir. Enerji depolama sistemleri, aynı zamanda frekansta hızlı düşme meydana geldiğinde, sistem çöküşünü önlemek için ve üretim ile yük arasındaki dengesizliği azaltmak için kullanılmaktadır. Gerçekte bu sistemler, nominal değerlerde ana şebeke frekansında gerekli kısa süreli güç akışını sağlayarak, yükü derhal deşarj ederek



Şekil 1. Akıllı şebeke kavramı [1]

şebeke kararlılığına katkıda bulunur. Enerji depolama sistemleri, aynı zamanda dağıtım ağında güç sağlayıcıları için en önemli amaç olan gerilimi kontrol etmek için kullanılabilir. Baraların gerilim büyüklüklerinin verim, gizlilik ve güvenlik nedenleri için yasal sınırlarda korunması gereklidir. Akıllı şebekeler müşterilere, telekomünikasyon sistemleri -Dağıtım Sistemleri Operatörleri(DSO) iletişimi ve iletim sistem operatörleri(ISO)- iki yönlü akış ve haberleşme sağlayacak şekildedir. Telekomünikasyon teknolojileri, fiber optik, kablosuz olarak iletme teknolojileri sunmalı ve haberleşmede yüksek transmisyon olmalıdır. Telekomünikasyon sistemleri için fiziksel gereklilikler sağlanmalıdır. Mevcut tüm teknolojiler,

ulaşım ve dijital telekomünikasyona entegre edilen ileri ölçüm aygıtlarıyla sağlanan yüklerdeki bilgiler, güç sistemi işletmesinin gerçek zamanlı durumunu izlemek için ve akıllı şekilde dağıtılan kaynakların entegrasyonunu kontrol etmek için kullanılmalıdır.

Tüm bu veriler her zaman ve her yerde sistemin durumunu bilmeyi sağlayan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sisteminin bir parçası olmalıdır. Şebeke ve pazar koşullarındaki elektrik talebi, akıllı alt yapıya adapte edilmelidir. Otomatik şebekenin yeniden yapılandırılması, elektrikli araçlar ve geniş

ölçekli yenilenebilir kaynaklar ile dağıtım generatörlerinin integrasyonu güvenli ve kesintileri önleyecek yönde olacaktır. Güvenilir, esnek, güvenli kullanmamız gereken standartlara dayalı iletişim protokolleri, güç sağlayıcılar ve tüketiciler için sayısız faydalar sağlar.

Tablo 1. Depolama sistemlerinin teknik ve ekonomik verileri

Teknoloji	Enerji depolama sistemi teknik ve ekonomik özellikleri					
	Spesifik enerji [Wh/kg]	Spesifik güç [W/kg]	Enerji fiyatı [\$/kWh]	Güç fiyatı [\$/kW]	Verim %	Yaşam süresi yıl
CAES	3.2-5.5	-	10	450	70	30
PH(hidroel.pomp)	-	-	12	2000	80	40
Kurşun Asit	35-50	180-200	300	450	75	6
ZnBr	60-90	45	400	2000	75	10
NaS	175	90-230	534	3000	85	15
VRB	25-35	166	630	3200	80	10
Ni-Cd	45-80	100-160	1197	600	65	20
Li-ion	120-200	245-500	1599	1500	93	15
Volan	5-100	11900	1000	350	90	15
SMES	10-75	-	10000	300	95	20
UK	5-15	10000	30000	300	95	30

III. DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Birçok teknoloji, yüksek verimlilik ve yüksek yaşam döngüsüne enerji depolamak için geliştirilmiştir. Enerji depolama sistemi akıllı şebekelerde, rüzgar gücü ve güneşin artmasıyla mümkün olan, dağıtım enerji güç santrallerinin çıkışını kontrol ederek ve güç sisteminde yardımcı servisleri sağlayarak önemli bir rol oynayacaktır.

Elektrik, diğer enerji tiplerini elektrik enerjisine dönüştürerek ve depolanarak kullanılabilir:

- Elektrokimyasal depolama (kurşun asit olarak; Çinko Bromin-ZnBr; Sodyum Sülfür-NaS, Vanadyum Redox-VRB; nikel

kadmiyum-Ni-Cd; Lityum iyon-Li-ion bataryalar; hidrojen enerji depolama.

- Elektromekanik depolama (volan, hidroelektrik pompalamalı, sıkıştırılmış hava enerji depolama-CAES).

- Elektrostatik depolama (ultrakapasitör-ler - UK).

- Elektromagnetik depolama (süperiletken magnetik enerji depolama-SMES).

Enerji yoğunluğu ve fiyat verileri tablo 1’de sunulmaktadır[1]. Enerji kayıplarının getirdiği her enerji dönüşümü verimliliğe bağlıdır ve seçilen sistemin fizibilitesi, toplam fiyatı sistemin dinamik cevabı ile birlikte değerlendirilmek zorundadır. Enerji depolama teknolojilerinde güneş ve rüzgar gücü uygulamaları önemlidir. Elektrik

şebekesindeki güç kaynaklarının önceden kestirilemez öngörülmezliği için faydalı olan değişik enerji depolama teknolojilerinin karşılaştırmalı analizleri değerlendirilmelidir. Bu çalışmalar, elektrik enerji depolama sistemlerinin uygulamalarında üç başlıkta toplanır; *yük kayması*, sistemde pik olmayan zamanlarda depolanan enerjiyi pik zamanlar için kullanmak, iletim-dağıtım için *frekans desteği*; *güç kalitesi*, dağıtım seviyesindeki dalgalanmalar için düzeltme.

Volan, SMES ve ultrakapasite maksimum güç yoğunluğuna ve düşük güç fiyatına sahiptir; güç kalitesi için uygundur. Pompalı hidro, CAES ve hidrojen enerji depolama yük kayması için, fiziksel ve kimyasal depolamada, daha çok enerji depolamak için kullanılırlar. Diğer teknolojiler bataryalar, bütün uygulamalar için uygundur, fakat “kısa” yaşam döngüsü sunmaktadırlar. Bazı teknolojiler volan, ultrakapasite, hidrojen (1-100 kW - 1-1000 kWh) gibi küçük enerji ve güç uygulamaları için SMES, pompalı hidro, CAES (1-1000 MW-1-1000 MWh)den daha fazla uyumludur. Maliyet ile ilgili olarak, yüksek güç yoğunluğu nedeniyle, ultrakapasitörler, volanlar ve SMES teknolojileri daha düşük fiyatlı teknolojilerdir. CAES, pompalı hidro ve hidrojen enerji depolama teknolojileri daha düşük enerji maliyetine sahiptir ama UK, volan, pompalı hidro ve CAES standart teknolojilerdir, SMES ve hidrojen enerji depolama sistemleri teknolojilerinin tam gelişmesi için zamana ihtiyacı vardır. Sıkıştırılmış hava enerji depolama, hem yük kayması hem de frekans desteği için en düşük maliyete sahiptir. Güç kalitesi için volan ve SMES’den sonra üçüncü en düşük maliyet CAES’tir. Kurşun asit uygulamalarının büyük ölçekte uygulanabilir olması çok pahalıdır. Enerji depolamada yeni malzemelerin bulunmasıyla ve doğal teknolojilerin gelişimiyle, maliyet azaltılacak, spesifik enerji artacak, lityumun kullanımıyla diğer

teknolojilerden daha iyi enerji yoğunluğu sunulacaktır.

IV. AKILLI ELEKTRİKLİ ARAÇ ARAYÜZ ALTYAPILARI

FEA pazarını geliştirmek için, güvenilir bir alt yapı gereklidir. Hızla gelişen ve artan FEA talebini karşılamak için, genel şarj istasyonları ve konutlarla ilgili bölümlerde yeteri kadar priz donanımları geliştirilmek zorundadır.

A. Kentsel Elektriksel Altyapıda Elektrikli Araçların Etkileri

Eğer koordinasyonsuz stratejiler ve politikalar uygulanırsa veya herhangi bir uygun kontrol sağlanmazsa, mevcut bölgesel dağıtım besleyicileri, kolları ve transformatörler önceden kestirilemeyen talep ile karşı karşıya kalabilirler. Konutlardaki prizler ve genel şarj istasyonları için artan FEAlar, kentsel elektriksel altyapı üzerinde veya elektrik güç şebekeleri üzerinde önemli etkilere sahip olabilirler.

FEAların dağıtımlarının derecesi, şehir elektrik altyapısının şarj etme oranı, batarya kapasitesi, şarj güç seviyesi, şarj/deşarj uzunluğu, güç inverterlerinin şarj/deşarj zamanı da dahil olmak üzere alt yapı karakteristiklerine bağlıdır. Bu etkiler, elektriksel altyapının aşırı yüklenmesini, dengesiz yük koşullarını, artan harmonik bozulmaları ve gerilim sapmalarını, donanım ekipmanlarını ve tüketicinin zararlı uygulamalarını, dağıtım kuvvetlendirmede ilave yatırımları, sistem kararlılığını ve bölünmez güvenilirliği içermektedir.

FEAların yük akımını arttıran şarj ve harmonikler transformatör sargılarında, sıcaklığın artmasına, verimin azalmasına, yalıtım sorunlarına, sargı veya çekirdek yapısının bozulması gibi normal olmayan trafo çalışmasına neden olabilir. Akıllı yük yönetimi, pik saatler sırasında, harmonik

kayıplarını minimize ederek ve transformatör ısı yükünü azaltarak FEAların artan kullanımında önemli faydalar sağlar.

B. Çift Yönlü Haberleşme Sistemi

Gelişmiş ölçüm altyapısı (GÖA) ve akıllı ölçme teknolojisi kullanılarak FEAlar, yük kontrolü ve araçtan şebekeye (V2G-vehicle to grid) ve yenilenebilir entegrasyonda kullanılmaktadır. FEAların bilgileri ve şarj istasyonları için, güvenilir ve yüksek hızlı çift yönlü haberleşme sistemleri ile son kullanıcılar arasında sağlanan ve gerçek zamanlı sisteme ait olan efektif bilgiler ve talebe ilişkin entegrasyonlar kolaylaştırılmaktadır.

Geniş bant genişliğine sahip iletişim ağı, FEAlar ve kontrolörler arasında etkili ve verimli şarj/deşarj, genel şarj noktalarının seçimi, aktif gerçek zamanlı fiyatlandırma, dağıtım ağı önerilerinde temel bilgileri ulaştırmaktadır. İletişimin yapısı ve protokolleri, elektrik güç şebekelerinde, FEAlar, şarj istasyonları, üretim birimleri v.b. sistemin doğru çalışması için önemli faktörlerdir. Bununla beraber, FEA ile şebeke arasındaki etkileşimde standartlar ve endüstriyel kullanım henüz tanımlanmış değildir.

C. Yenilenebilir Entegrasyon İle FEA Arayüz Altyapısı

Genel şarj istasyonları, benzin istasyonları gibi benzer işlevler ile inşa edilebilir. Mevcut konut ve ticari şarj imkanları, gelişmemiş ve sınırlı FEA pazarı nedeniyle hala yetersizdir. 10 kWh batarya için, konut garajlarında ve ticari binalarda veya otoparklarda, tam şarj için yaklaşık 5,5 saat gereklidir. 1-2 saatlik spesifik şarj olanaklarına, hızlı şarj için 1/2 saatten daha az şarj olanaklarına ihtiyaç vardır. FEA şarj istasyonlarında, batarya şarjlarında önemli akım harmoniklerine sebep olan yüksek oranlı birçok AC-DC güç inverterleri vardır. Bu önemli ölçüde güvenilirliği, verimi ve akıllı şebekelerin ekonomisini etkileyebilir. FEA şarjı, şarj seviyesini ve

zamanını değiştirerek, şebeke desteği, şebeke frekans regülasyonunu sağlamak gibi, çeşitli amaçlarla kontrol edilebilir.

FEAların fosil yakıtlara bağımlılığı azaltılarak ve yenilenebilir enerjilerden şarj edilerek dağıtılmış enerji depolama olarak, daha hızlı gelişmesi sağlanabilir. Dağıtılmış üretim ve depolama, FEA şarj entegrasyonu ile şebeke-arabirim sistemi tasarımı için kullanılabilen bir yapıdır. FEA entegrasyonunun geniş skalası altında dağıtım şebekesinin yenilenebilir tabanlı, güneş ve rüzgarın değişken ve aralıklı karakteristikleri, güvenilirlik ve sistem çalışması açısından zorluklara neden olabilir. Gerekli çeviriciler ile donatılmış FEAlardan, dağıtım şebekesi ve elektrik güç şebekesi arasındaki güç akışını, çift yönlü taşımak ve kolaylaştırmak için yararlanılabilir.

FEA batarya depolama özellikle ters güç akışı, gerilim yükselmesi ve dalgalanması ele alındığında, değişken dağıtım şebekesi çıkışı için temel çözümdür.

V. SİSTEM ÇALIŞMA ETKİLERİ VE TALEP TEPKİ MEKANİZMALARI

Hızlı gelişmekte olan FEAlar üretim kaynaklarını ve sistem çalışmasını kolaylaştırmak için talep cevabı mekanizması yoluyla iyi bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı, üretim kaynaklarından ve iletim özelliklerinden yeterince yararlanmak gerekmektedir.

A. FEA Etkileri ve Şebeke Sistem Çalışması

FEAların şarj/deşarjı kontrol edilebilir ve bu oranlar, zaman çizelgeleri, pik saatler sırasında, dağıtılan ek talep yükünü önlemek için ayarlanabilir. Sistemin çalışmasındaki FEAların şarj etkisi üzerinde önemli sayıda çalışmalar yapılmıştır. Deneysel verilerden oluşturulan sürüş profilleri ve müşterilerin sürüş profilleri genellikle şarj durumuna bağlıdır. İdeal modelde FEAların tam kontrollü şarjında, FEAlar kısmi yükler ile değiştirildiğinde, aylık elektrik faturası değişmemiş olarak kalmaktadır. Bununla birlikte araştırmalar, FEAların etkisiyle kontrolsüz şarjda, aylık elektrik faturası %22, bazen % 10 artabildiğini göstermektedir [2]. EA şarjında merkezi koordinasyon sağlanabilir. FEA şarj koordinasyonu için literatürde basit çift zamanlı kullanım fiyatlandırma incelenmiştir. Şarj vedeşarjın optimize edilmesiyle, FEAlarla efektif olarak, şebekenin efektif yük taşıma kapasitesi yükseltilir ve şebekede pik olmayan saatlerde, şebekenin pik yüküne etkili olarak kayabilir.

Şarj istasyonları büyük olasılıkla özel işletmeler tarafından kar amaçlı olarak işletilmektedir. Şarj/deşarj strajeleri ve arabirim fiyatları FEA kullanıcıları için şarj istasyonlarında elektrik fiyatını minimize etmek için geliştirilmelidir. Dağıtım istasyonları son kullanıcılar için güvenli elektrik beslemesini sağlamak için kullanılırlar. FEAların gelişimi için, dağıtım tali istasyonlarında koordinasyon ile pik yükleri azaltmak için çalışılmalıdır.

B. Talep Tarafı Mekanizmaları

Dağıtım kaynaklarının mekanizmalarının çoğu emisyon azaltımı ve yakıt fiyatı tasarrufunun faydaları yanında, FEAlar için ekonomik teşvikler getiren zamanlı kullanımı, fiyatlandırma gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

Talep tarafı yönetimi, talep yanıtından farklıdır. Talep tarafı yönetimi son kullanıcılar da daha verimli enerji yönetimini teşvik ederken, talep cevabında enerji talebinde kısa dönemde indirimler desteklenmektedir. Ayrıca talep tarafı yönetiminde son kullanıcıların daha verimli enerji kullanımı ve aygıtların gelişimi de desteklenmektedir.

Pik olmayan saatlerde zorunlu FEA şarjı talep tarafı (Tip II), FEA şarjı için gerçek zamanlı fiyatlandırma programı tasarlanmalıdır.

Normal olarak elektrik güç sistemi pik periyotlarda sabah 6.00 da başlayarak akşam 10.00'a kadar devam eder, diğer saatler pik olmayan periyotlardır. FEAların çoğu, evde akşam 18.00 ile 6.00 saatleri arasında evde şarj edilir. 8.00 ile 17.00 arasındaki şarjlar ise genel şarj istasyonlarında ve ticari alanlarda yapılan şarjlar, pik saatlerle çakışmaktadır. Pik olmayan saatler sırasında, FEA şarjı pik olmayan oranlarda teşvik edilerek fatura fiyatları minimize edilir, yenilenebilir yedek üretim kaynaklarının kullanımı maksimum yapılır. Pik saatler sırasında, FEA şarjı sistemde pik yüklerle çakıştığı için, bu ek talep yükü sistemde önlenmelidir. Pik olmayan saatler şarj için, FEA kullanıcıları için daha düşük fiyat oranları verilerek cazip hale getirilmelidir. Aksine, FEA şebekeyedeşarj edilerek sistemi rahatlatmak ve yardımcı servisleri sağlamak için daha yüksek oranlar ile teşvik edilmelidir. FEAların şebekeye efektif yük taşıma kapasitesini araştırmak için çalışmalar yapılmaktadır.

Yenilenebilir üretim kaynaklarında şarj istasyonlarında hem pik hem de pik olmayan periyotlarda şarjda FEA daha düşük oranlar sağlanmalıdır. Ayrıca bu durumda FEA şebekeyedeşarj, yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak için büyük ölçüde teşvik edilmelidir. Bununla birlikte, FEA kullanıcıları, şarj istasyonlarının fosil yakıt tabanlı veya

yenilenebilir tabanlı olduğu hakkında bilgilendirilmelidir. Şarj istasyonları kullanımında, piyasa mekanizmasının dengesini korumak için şebeke ölçümleri yapılarak değişken şarj/deşarj fiyatları zaman tablosu kullanılmalıdır.

VI. MOBİL DAĞITIM ENERJİ DEPOLAMA

FEAler için talep cevabı mekanizmasının avantajları, elektrik güç şebekesinde pik yük kaymasına yardımcı olmasıdır. Toplu FEAların kullanımının artması elektrik güç şebekesine ekonomik elektrik sağlamak için verimli olacaktır.

A. Bataryalar

Halen, FEAların pazar gelişimini engelleyen pahalı bataryalar ve sınırlı sürüş menzildir. Bununla beraber, maliyet batarya teknolojisinin hızlı gelişimi ile kademeli olarak azalacaktır. Şarj seviyeleri SAE(Society of Automotive Engineers) J1772'de tanımlanmış ve tablo II'de gösterilmektedir [2]. Araçların dağıtım ve yakıt verimliliği tablo III'de gösterilmektedir[2][3]. Nissan Leaf FEA 24 kWhlik batarya iledeşarj derinliği (DOD) % 80, seviye I ile tam şarj 13,3 saat; seviye 2 ile 5,8 saat, DC hızlı şarj ile (50 kW) 23 dakika; Chevy Volt FEA 16 kWh batarya ile % 65deşarj derinliği ile, seviye I ile tam şarj 7 saat, seviye 2 için 3 saattir [4].

Tablo II. Şarj şekilleri ve oranları

Şarj Metotları	Kaynak Gerilimi (V)	Max. Akım (A)	Max Güç (kW)
DC Seviye 1	200-450	80	36
AC Seviye 2	208-240	80	19.2
DC Seviye 2	200-450	200	90
AC Seviye 3	208-240	Belirle- necek	>20
DC Seviye 3	200-600	400	240

Şu anda bataryalar, örneğin kurşun asit, lityum-iyon, Ni-MH vb., yüksek güç yoğunluğu, uzun döngüleri, hızlı yeniden şarj kapasiteleri ve düşük fiyat, türe bağlı olarak farklı şarj metotları, kapasite ve diğer özellikleri, sabit gerilim, sabit akım şarjı, darbeli yük yoğunluğuna odaklanarak geliştirilmiştir. Araç şirketleri ile optimizasyon teknikleri üzerinde, lityum iyon bataryaların yük profili incelenmiştir. Batarya ömrü sık sık şarj vedeşarj nedeniyle azalmasına rağmen FEA bataryaları gerilim regülasyonu, ve frekans regülasyonu için kullanılabilir.

Tablo III. Fişli elektrikli araçların özellikleri

Araç tipi	FEAların yüzdesi	Batarya (kWh)	Yakıt Verimi (Wh/km)
Nissan Leaf	50	24	173
Mitsubishi i-Miev	25	16	135
Chevy Volt	20	16	224
Tesla Roadster	5	53	110

Gerektiğinde batarya şarj/deşarjına imkan verilen kamu şarj istasyonlarında ya da konut garajlarında, çift yönlü hızlı şarj ve kontrolör donanımına ihtiyaç vardır. FEA şarj/deşarj, ölçüm ve kontrol donanımı farklı kW'larda çalışmak için tasarlanmalıdır.

B. Araçtan Şebekeye Çalışma

Araç ve şebeke arasındaki etkileşimler şebekeden araçta (G2V) ve araçtan şebekeye (V2G) olarak tanımlanır. FEA araç kullanımının yararları, dağıtım enerji depolama olarak batarya tabanlı gerçekleştirilebilir. V2G- araçtan şebekeye-uygulamasının çeşitli potansiyel uygulamaları ve yararları vardır. FEAlar güç inverterleri yoluyla güç faktörü

ayarlanması ile elektrik şebekesine reaktif güç desteği sağlayabilirler. Aynı zamanda FEAlar, elektrik güç şebekesi için stabilizasyon ve regülasyon gibi yardımcı servis desteği sağlamak için kullanılabilir.

Giderek artan FEAlar, potansiyel olarak pik saatlerde V2G işlemlerini ve acil talep cevabının servislerini destekleyebilir. İlave, sistem talebinde pik saatlerde V2G işlemleri yardımcı servis sağlamak için uygundur. Bununla birlikte, yüksek hızlı çift yönlü iletişim altyapısı henüz gelişmediği için bu tür bataryaların koordinasyonu ve uzaktan kontrolü sırasındaki zorluklar yüzünden, şarj/deşarj yeni sorunlar yaratmaktadır [5].

Çeşitli pratik kaygılar ve sebepleri nedeniyle, geniş V2G hala erken evrededir, ticarileşmemiştir, önümüzdeki 10 ile 20 yıl içinde öngörülen pazara ulaşılacaktır. Bununla birlikte araçtan binaya (V2B) çalışma, elektrik güç şebekesindeki direkt bağlantı ile karşılaştırıldığında, teknoloji gereksinimleri nispeten daha az olduğundan önümüzdeki birkaç yıl içinde binanın içinde yüke servis yapmak fizibil olabilir. FEAların kısa sürüş menzili sınırlı olmasına rağmen kapasitesinin, eve elektrik tüketim yönetimini destekleyecek kadar büyük oldukları düşünülmektedir.

C. V2G (Araçtan Şebekeye) Gelişimi

V2G düzenlemelerinin üstünlüğü, ekonomik yönden kanıtlanmıştır. Genel şarj istasyonları veya konut garajlarında, park ve konum süresince V2G teknolojisi ile regülasyon ve ani güç rezervi için, yüksek gelir akışı sağlanabilir. Bu vizyonu gerçekleştirmek için gereksinimler, şebeke kontrolü ile şarj/deşarj donanımı ve kW seviyeleri, beklenen FEAdeşarj, frekans ve periyot kapasiteleri, gerekli kW veya kWh sağlayan ve sağlanan batarya servislerinin fiyatı ile daha yüksek devlet gelirleri eşleştirilmelidir [6].

FEAların katılımının çoğalması halinde enerji piyasasında V2G kapasiteleri artarak talep karşılama gücü büyüyecektir. Gücün yer değiştirmesi ve frekans regülasyonu için V2G'nin uygulanması, farklı açılardan değerlendirilebilir. Ayrıca, FEA şarjı için AC/DC güç dönüştürücüler kullanıldığında ekstra reaktif güç kompanzasyonu ve gerilim regülasyonu sağlanabilir. FEAlar ile frekans regülasyonunun aksine öngörülen reaktif güç piyasasında, bu gerilim regülasyonu batarya bozulmasını etkilemez, kazancın potansiyel bir yolu olabilir.

VII. UYGULANAN ARAŞTIRMA METOTLARI

Çeşitli yön ve disiplinlerden dağıtılmış enerji depolama olarak, FEAların gelişimi ve etkilerini araştırmak ve analiz etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Dağıtım sistemlerinde FEA etkilerini değerlendirmek ve transformatörlerin ısıl yüklenme tahmini ve rastlantı karakteristiklerinin riski ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır. Dağıtım sisteminde FEA etkilerini anlamak için rastlantı yaklaşımları iyi bir yol olabilir. FEA sahiplerinin maksimum fayda ve şarjın optimal zamanlamasını bulmak için optimizasyon bazlı yaklaşım kullanılmaktadır. Lineer optimizasyon yaklaşımı, şebekede dağıtım üretimi ve maksimum şebeke güç kullanımı ve minimum sistem yaşam döngüsü fiyatı ile depolama, FEA şarj edicilerin arabirimleri tasarlanarak geliştirilmiştir. Şarj istasyonlarının fiyatlandırma stratejileri, koordineli şarj vedeşarj optimizasyonuna dayalı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca şarj maliyeti, rüzgar gücünün ortalama kullanımını maksimize etmek veya her EA tüketicisinin şarj zamanı için yük faktörünü minimuma indirmek gereklidir. Yeni yönetim sistemi, enerji merkezi kavramı kullanılmasıyla MATS-(multi agent transport simulation)-simülasyonuna dayanarak geliştirilmektedir [2]. Aralıklı rüzgar enerjisi planlaması ve kontrol edilebilir FEA şarjının entegrasyonu için farklı kontrol

algoritmaları kullanılmaktadır. Simülasyon tabanlı metotlar, FEA araştırmaları yapmak için geliştirilmektedir. Dağıtım sistemlerinin güvenilirliğinde, şarj istasyonlarının yüksek etkisi MATLAB simulink simülasyon modelleri kullanılarak literatürde yer almaktadır [2]. MATLAB simulink kullanılmasıyla şebeke kararlılığı ve şarj zamanı, mevcut gücün optimum kullanımını sağlamak için, DC bara gerilimi algoritmasına dayalı kontrol stratejileri gelişmektedir[2].

VIII. SONUÇLAR

Gelecekteki kentsel enerji altyapıları, bağımsız çalışan güvenilir, esnek ve sürdürülebilir hale getirilmiş olmalıdır. Gelişen enerji verimliliğı aracılığıyla talep azaltma, şehir enerji altyapısında temel ölçümlerden biridir. FEAlar, kentsel elektrik, su, doğal gaz dahil olmak üzere dağıtılmış enerji kaynakları ve depolamanın birleştirilmesiyle farklı enerji altyapılarına bağılanarak daha çok etkili araçlar olarak çalışacaktır.

Bu çalışma, akıllı şebeke ortamında dağıtım enerji depolama olarak FEAların etkilerini, gelişmelerini ve potansiyelini incelemektedir. şu anda FEAlar dağıtılmış enerji depolama olarak, esnek kentsel enerji altyapısında ve uzun vadeli çözüm olarak araştırılmaktadır. FEA pazarının endüstri sektörü, hala başlangıç aşamasındadır, var olan dağıtım sistemlerinin FEA desteğı ile kullanılması 10-20 yıl sürebilir. Bunun yanı sıra, FEAların mevcudiyetinde müşterielerin seçimleri ve müşteriler için konfor kaybı, mobil depolama olarak FEAların dağıtım yolları önemli engeller olarak kabul edilmektedir. Elektrik şebekesinde enerji depolama ve elektrikli araçlar, yeni enerji depolama teknikleri geliştirmek için yardımcı olacaktır. Elektrik enerjisi depolama teknolojileri, akıllı şebekelerin geliştirilmesinde en önemli unsurlardan biridir.

KAYNAKLAR

- [1] Carmen M., Martirano L., Bocci E., “Technologies for Smart Grids: a brief review”, Environment and Electrical Engineering, p. 369-375, 2013.
- [2] Zhang X., Wang Q., Xu G., “A Review of Plug-in Electric Vehicles as Distributed Energy Storages in Smart Grid”, 5th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, p.1-6, 2014.
- [3] Pang C., Wang X., “Electric Vehicles as Configurable Distributed Energy Storage in the Smart Grid”, Power Systems Conference, p.1-5, 2014.
- [4] Joes G., Dubois M., “Design and Simulation of a Fast Charging Station for PHEV/EV Batteries”, IEEE Electrical Power&Energy Conference, p.1-5, 2010.
- [5] Gong X., Lin T., Su B., “Survey on the impact of Electric Vehicles on Power Distribution Grid”, PEAM, p.553-557, 2011.
- [6] Wetz D., Novak P., “Electrochemical Energy Storage Devices in Pulsed Power, IEEE Transactions on Plasma Science, Vol.42, No:10, p.3034- 3042,October 2014.
- [7] Mc Keon B., Furukawa J., Fenstermacher S., “Advanced Lead- Acid Batteries and the Development of Grid-Scale Energy Storage Systems”, Proceedings of the IEEE, Vol.102, No.6, June 2014.