

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA ŞARJ SİSTEMLERİ

• **Sunucu:** Arş. Gör. Y. Müh. Onur KIRCIOĞLU

Çalışma Ekibi:

- Dr. Öğretim Üyesi Sabri ÇAMUR
- Dr. Öğretim Üyesi Birol ARİFOĞLU
- Doç. Dr. Ersoy BEŞER
- Dr. Öğretim Üyesi Murat ÜNLÜ
- Dr. Öğretim Üyesi Esra Kandemir BEŞER

Sunum İçeriği

- Giriş
- Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler
- Elektrikli Araçlarda Şarj Yöntemleri
- Elektrikli Araçlarda Şarj Standartları
- Şarj Sistemlerinde kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü topolojileri
- Şarj İstasyonlarının Kurulu Güce Yansımaları
- Sistem ve Enerji Verimliliği

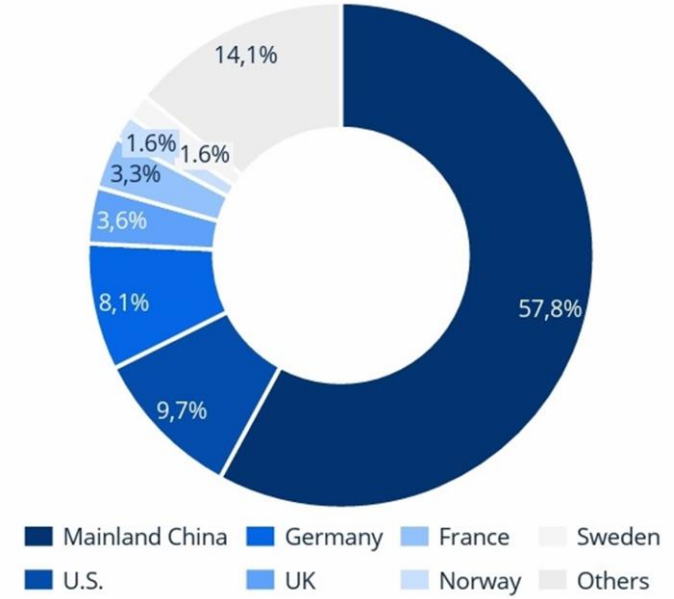
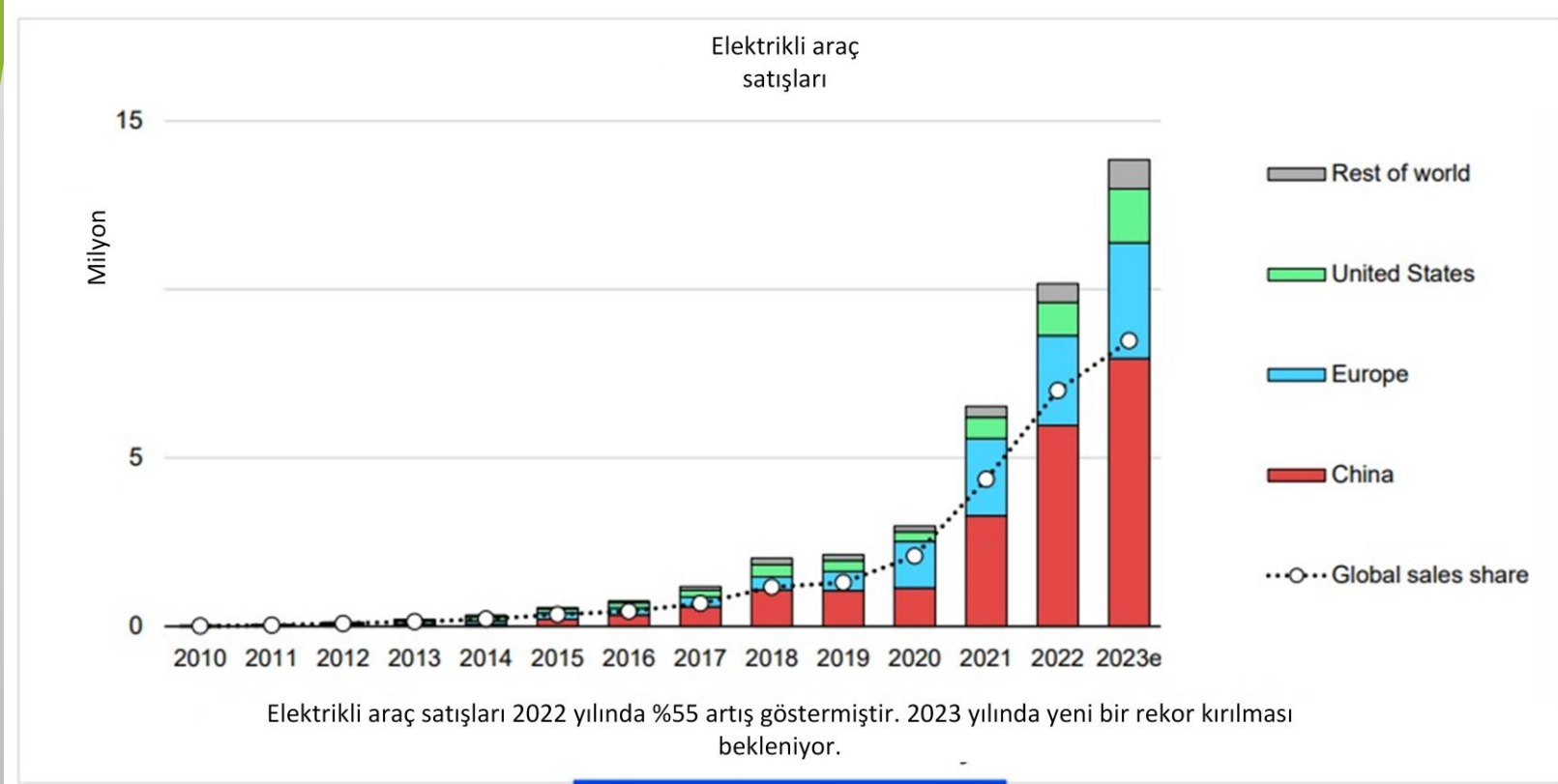
GİRİŞ

- Artan fosil yakıt tüketiminin neden olduğu çevre kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi konular tartışmalı hale gelmiştir. Yakıt tüketiminin artmasının başlıca nedenlerinden biri de artan araç popölasyonudur.
- Fosil yakıtların tükenmesi endişesine karşılık nükleer enerji de dahil olmak üzere tüm alternatif enerji seçeneklerine ihtiyaç olacaktır. Bunun sonucunda elektrikli araçlara olan ilgi her geçen yıl artmaktadır.
- Taşıt teknolojisinin tarihine bakıldığında, elektrikli araçlarla ilgili çalışmalar yapılmış fakat elektrik enerjisinin depolanmasındaki zorluklar nedeniyle fosil yakıtlı araçlar ön plana çıkmış ve günümüze kadar yaygın olarak kullanılmıştır.
- Son yıllarda batarya ve yarıiletken teknolojilerinin gelişmesiyle elektrikli araçlar tekrardan popüler hale gelmeye başlamıştır.

GİRİŞ

- Elektrik motorları, içten yanmalı motorlara kıyasla, yüksek verimde çalışmaları, rejeneratif frenlemeye imkân tanımaları, hassas kontrol edilebilmeleri gibi avantajlarının yanında tartışmalı bir konu olan sıfır karbon salınımına ancak nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları tarafından elektrikli enerjisi üretilmesi durumunda geçerli olacaktır.
- Fakat elektrikli araçlar, yer alan batarya kapasitelerinden dolayı menzil açısından fosil yakıtlı araçlara göre günümüzde halen dezavantajlı konumdadırlar.
- Bu nedenle batarya ve şarj teknolojilerinin elektrikli araçların yaygınlaşmasında büyük önemi bulunmaktadır. Bundan dolayı yüksek güçlü, yüksek verimli, küçük boyutlu şarj cihazlarının geliştirilmesi literatürde üzerinde durulan önemli konulardan biri haline gelmiştir.
- "Elektrikli Araçlar için yüksek verimli ve yüksek güç yoğunluğuna sahip dahili batarya şarj cihazı tasarımı ve gerçekleştirilmesi" başlığı altında doktora çalışmamız devam etmektedir.

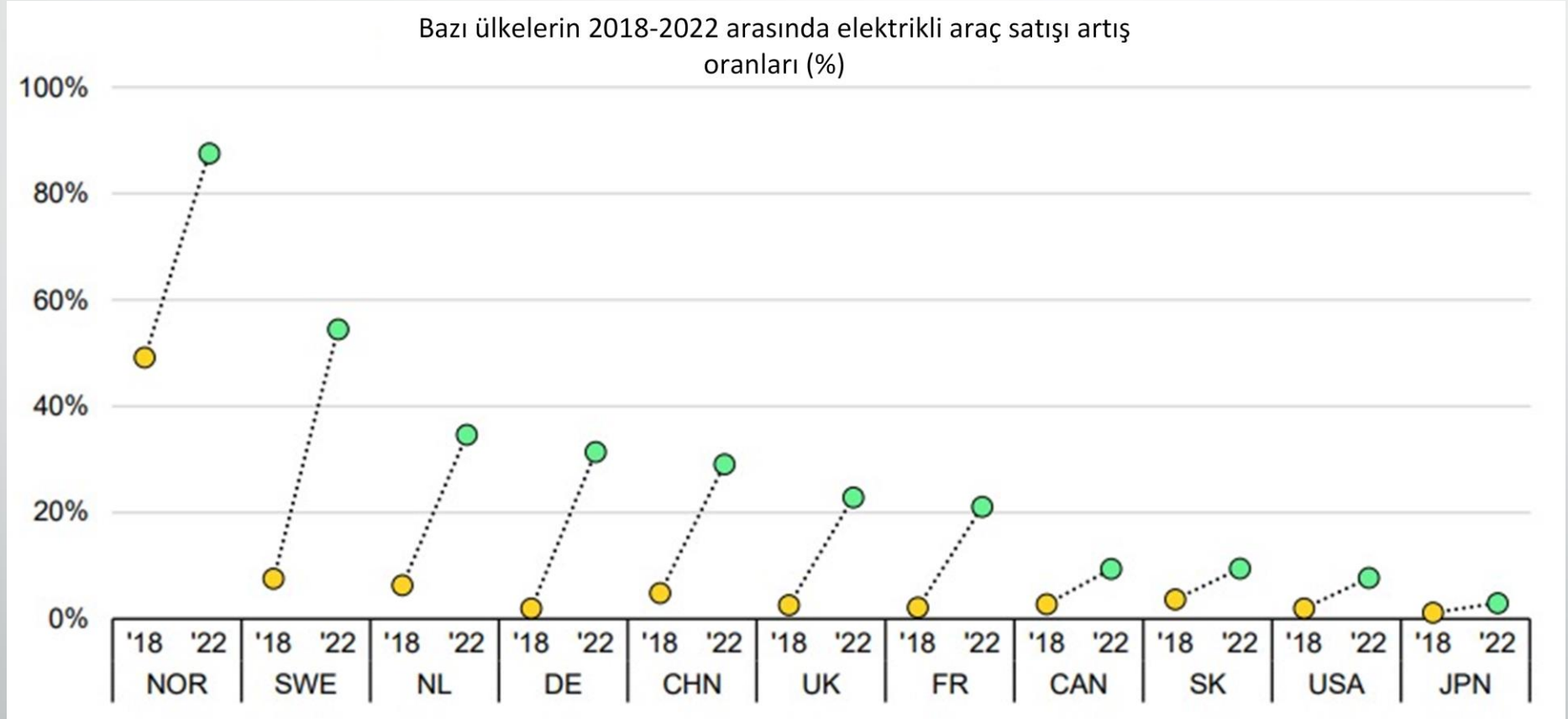
Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



Kaynak: International Energy Agency, Global EV Outlook, Nisan 2023

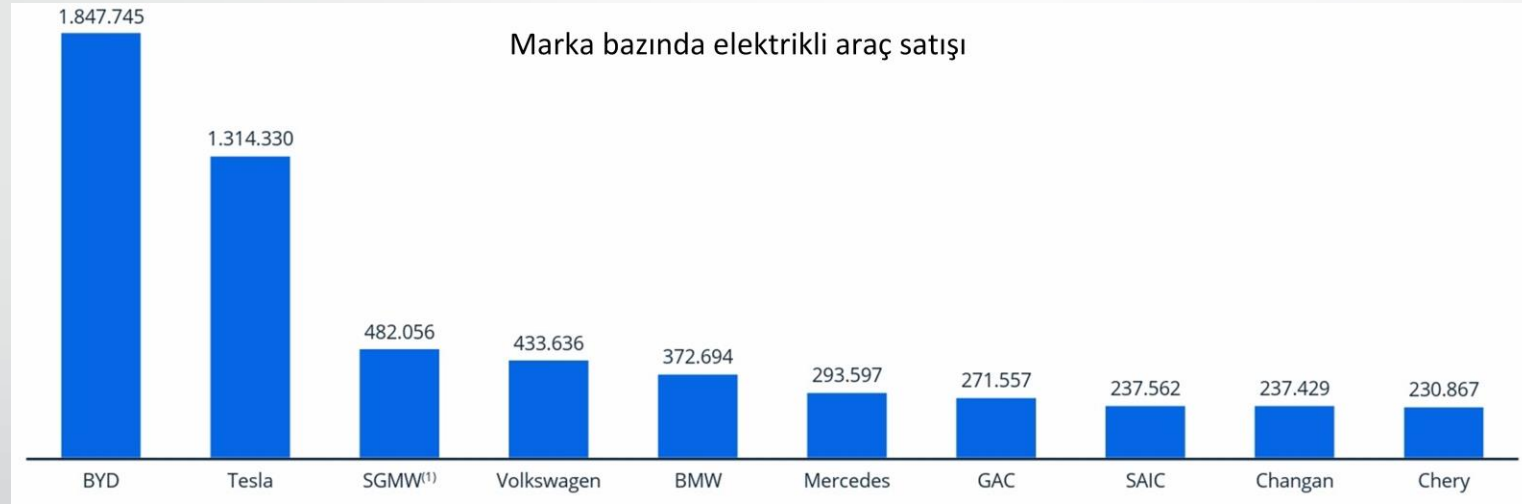
Kaynak: Statista, eMobility: in-depth market analysis, Ekim 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



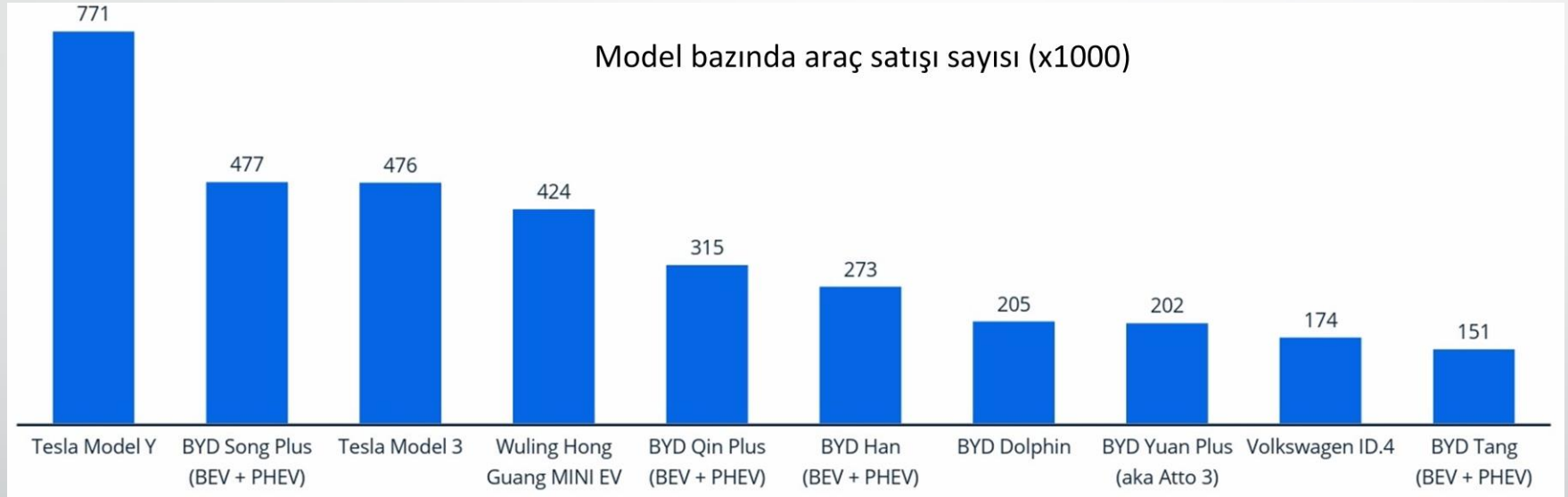
Kaynak: International Energy Agency, Global EV Outlook, Nisan 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



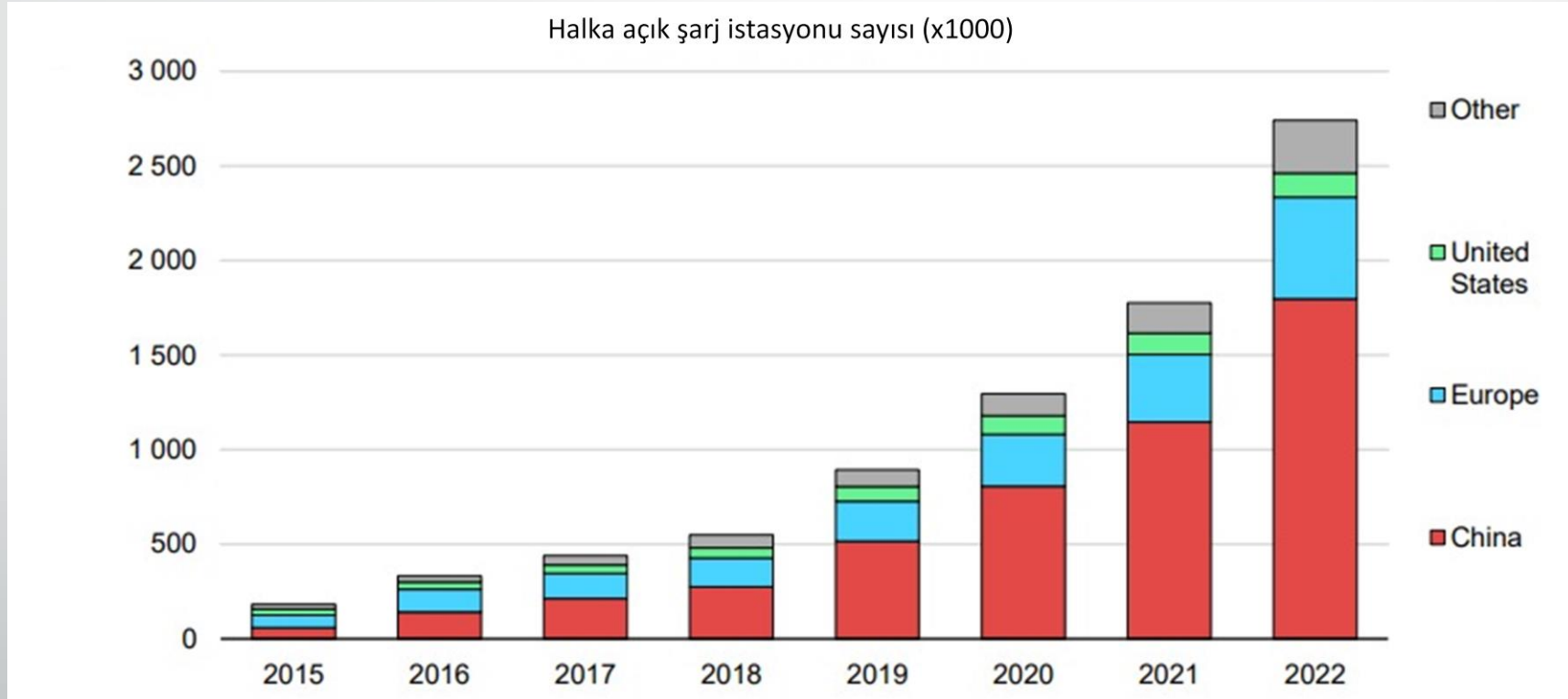
Kaynak: Statista, eMobility: in-depth market analysis, Ekim 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



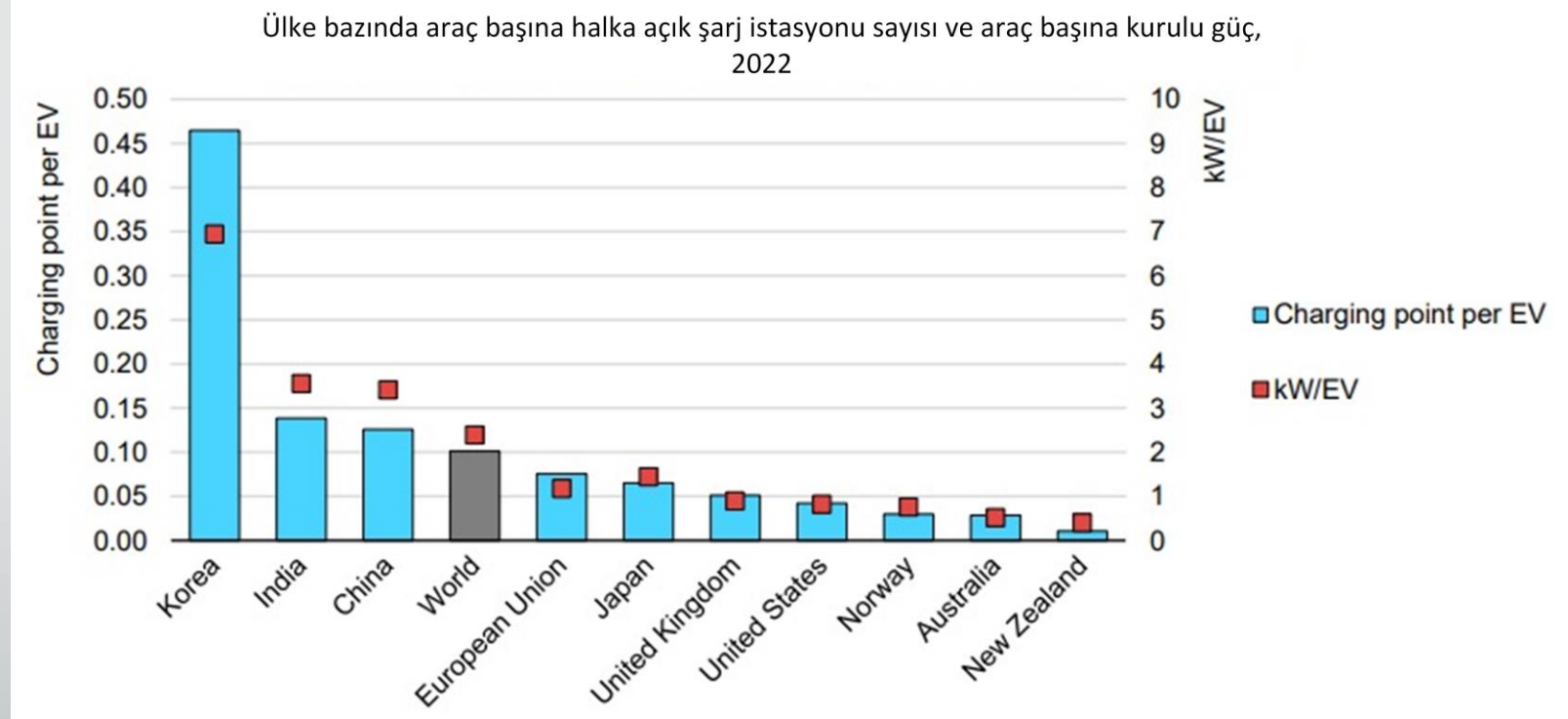
Kaynak: Statista, eMobility: in-depth market analysis, Ekim 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



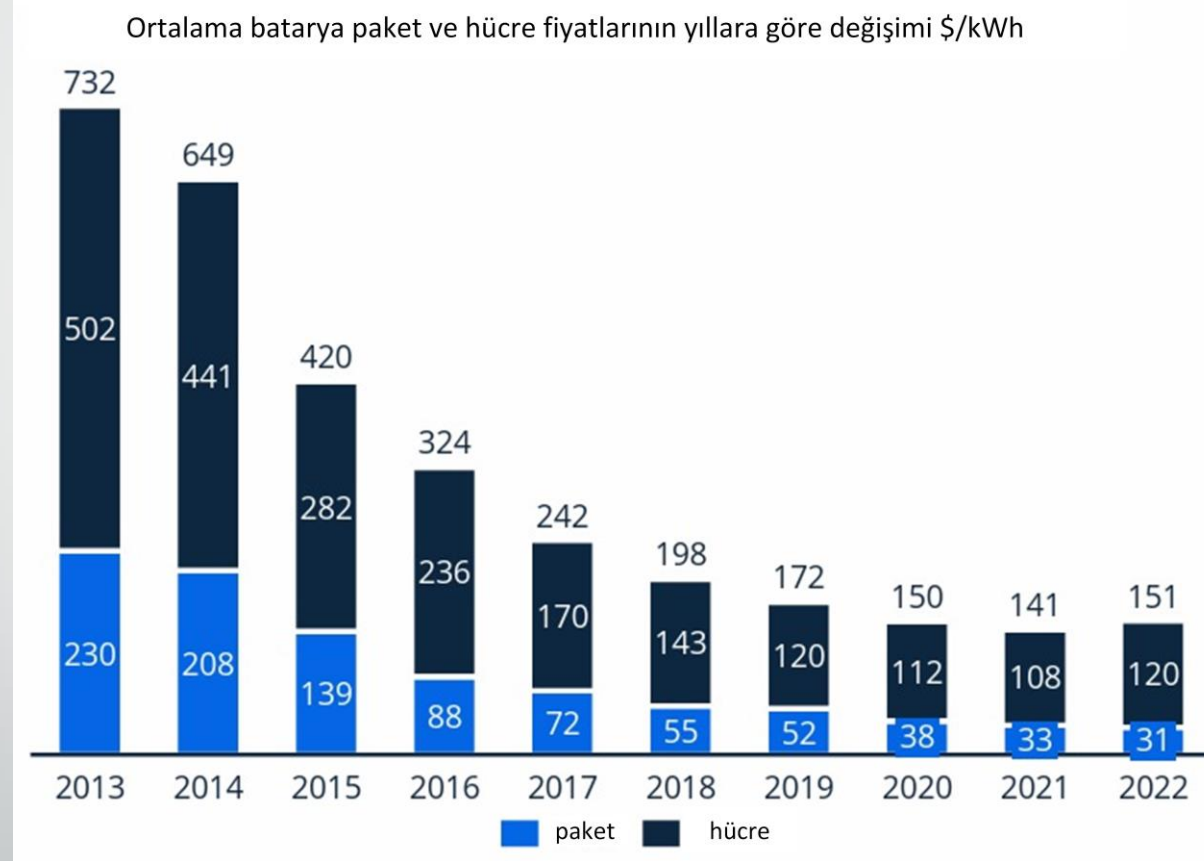
Kaynak: International Energy Agency, Global EV Outlook, Nisan 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



Kaynak: International Energy Agency, Global EV Outlook, Nisan 2023

Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler



Kaynak: Statista, eMobility: in-depth market analysis, Ekim 2023

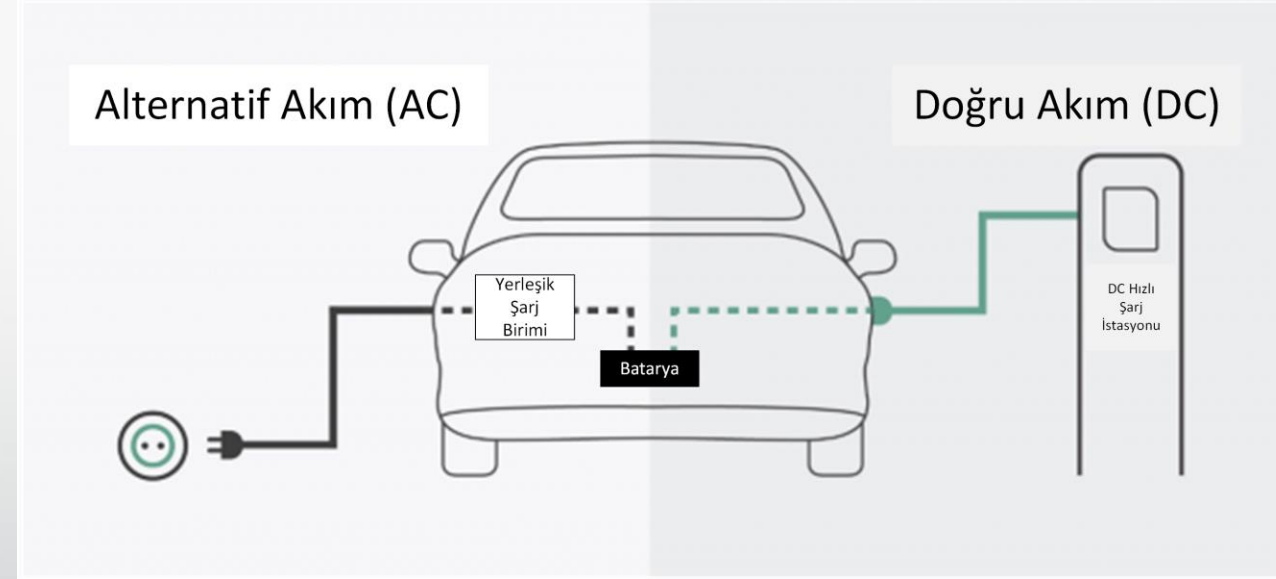
Elektrikli Araçlarla ilgili global istatistikler

Araç Modeli	Araç Tipi	Yerleşik şarj birimi gücü	Menzil	Batarya kapasitesi
Lucid Air Grand	Tam Elektrikli	22kW	830km	112kWh lityum-iyon
Mercedes Benz EQS 450+	Tam Elektrikli	11kW	727km	108,4kWh lityum-iyon
Tesla Model S	Tam Elektrikli	11,5kW	651km	100kWh lityum-iyon
BMW i7 xDrive60	Tam Elektrikli	11kW	623km	101,7kWh lityum-iyon
BYD HAN EV	Tam Elektrikli	11kW	602km	76,9 kWh lityum demir fosfat
Tesla Model Y	Tam Elektrikli	11kW	531km	81kWh lityum-iyon
BYD Atto 3	Tam Elektrikli	11kW	420km	60,5kWh lityum demir fosfat

Kaynak: Statista, eMobility: in-depth market analysis, Ekim 2023

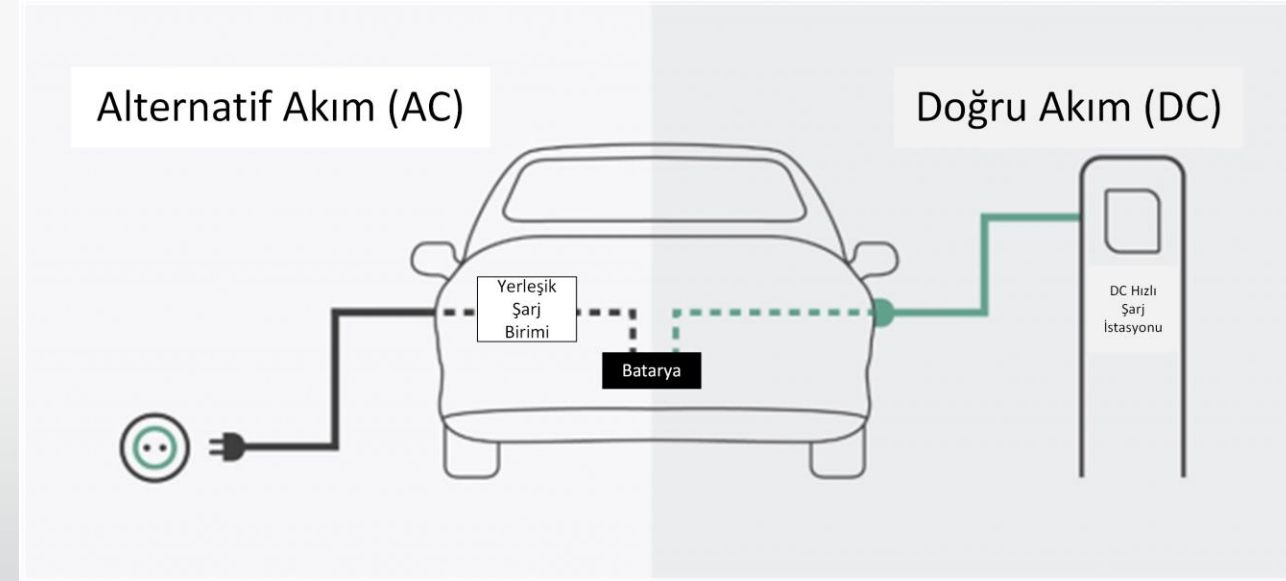
Elektrikli Araçlarda Şarj Yöntemleri

- Elektrikli araçlarda şarj yöntemleri AC şarj, DC şarj ve kablosuz şarj olarak sınıflandırılabilir.
- Kablosuz şarj sistemleri yüksek maliyetin ve düşük verimli güç aktarımından dolayı ticari olarak yaygın kullanıma sahip değildir.
- AC şarj sistemlerinde, araca doğrudan şebeke gerilimi uygulanır. Şebeke gerilimi araç içerisinde yer alan dahili güç dönüştürücüsü ile doğrultularak batarya şarj kontrolü yapılır.
- Araçta yer alan dönüştürücünün özelliğine göre araca bir faz veya üç fazlı şebeke uygulanabilir. Dahili şarj cihazları, ülkelere ve araçlara göre farklı güç seviyelerinde bulunabilmektedir.



Elektrikli Araçlarda Şarj Yöntemleri

- DC şarj sistemlerinde ise, araca doğrudan DC gerilim uygulanarak, araçta bulunan güç dönüştürücüsünden bağımsız olarak batarya grubu şarj edilir.
- Güç dönüştürücüsü araç dışında bulunduğu ve boyut problemleri olmadığından çok yüksek güçlerde olabilmektedir. Dolayısıyla DC şarj sistemleri yüksek hızlı şarj olarak adlandırılmaktadır.



Elektrikli Araçlarda Şarj Standartları

- Elektrikli araçlarda şarj yöntemleri ile ilgili temelde 2 standart ön plana çıkmaktadır.
- İlki The Society of Automotive Engineers (SAE International) kurumunun geliştirdiği SAE J1772 standardıdır.
- İkinci olarak ise IEC kurumu, IEC 62196-1 kapsamında SAE J1772 standardının çoğunluğunu kabul ederek uygulamaya koymuştur.

Elektrikli Araçlarda Şarj Standartları

- SAE J1772 standardı kapsamında şarj seviyeleri tabloda yer aldığı gibidir;

Metot	Maksimum değer		
	Akım (A)	Gerilim (V)	Güç (kW)
AC Seviye 1	12	120	1,44
	16	120	1,92
AC Seviye 2	80	208-240	19,2
DC Seviye 1	80	50-1000	80
DC Seviye 2	400	50-1000	400



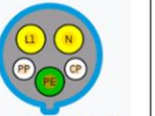


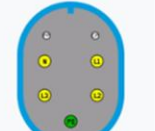




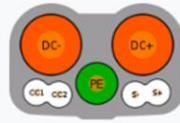
Elektrikli Araçlarda Şarj Standartları

- IEC 61851-1 standardı kapsamında ise şarj modları tabloda yer aldığı gibi tanımlanmıştır;

Mod	Tip	Maksimum değer		
		Akım (A)	Gerilim (V)	Güç (kW)
1	1 Faz AC	16	250	4
	3 Faz AC	16	480	11
2	1 Faz AC	32	250	7,4
	3 Faz AC	32	480	22
3	1 Faz AC	63	250	14,5
	3 Faz AC	63	480	43,5
4	DC	200	400	80

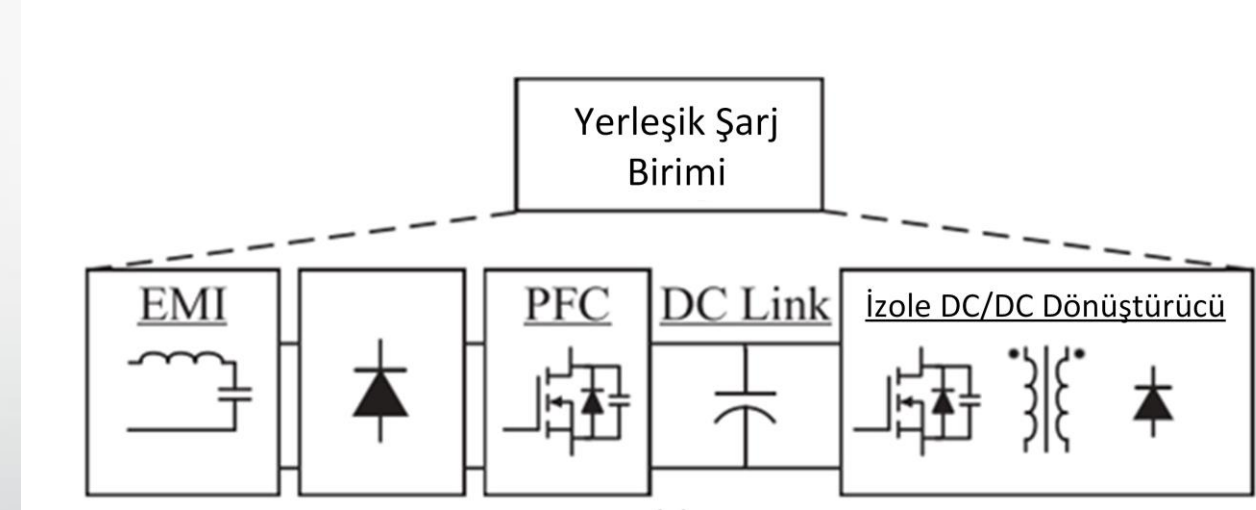
Elektrikli Araçlarda Şarj Standartları

- IEC 62196-2 ve 3 standardı kapsamında tanımlanan şarj soketleri aşağıdaki gibidir.

Güç Kaynağı	Amerika Birleşik Devletleri	Avrupa Birliği	Japonya	Çin
1 Faz AC (IEC 621196-2)	 Type 1 (SAE J1772)	 Type 2 ^{[a][b]} (DE, UK)	 Type 1 (SAE J1772)	 Type 2 (GB/T 20234.2) ^[c]
3 Faz AC (IEC 621196-2)	 Type 2 (SAE J3068)	 Type 3 (IT, FR, now deprecated)	-	-
DC (IEC 621196-3)	 EE (CCS Combo 1)	 FF (CCS Combo 2) ^[b]	 AA (CHAdEMO) ^[b]	 BB (GB/T 20234.3) ^[a]
			 ChaoJi (planned)	

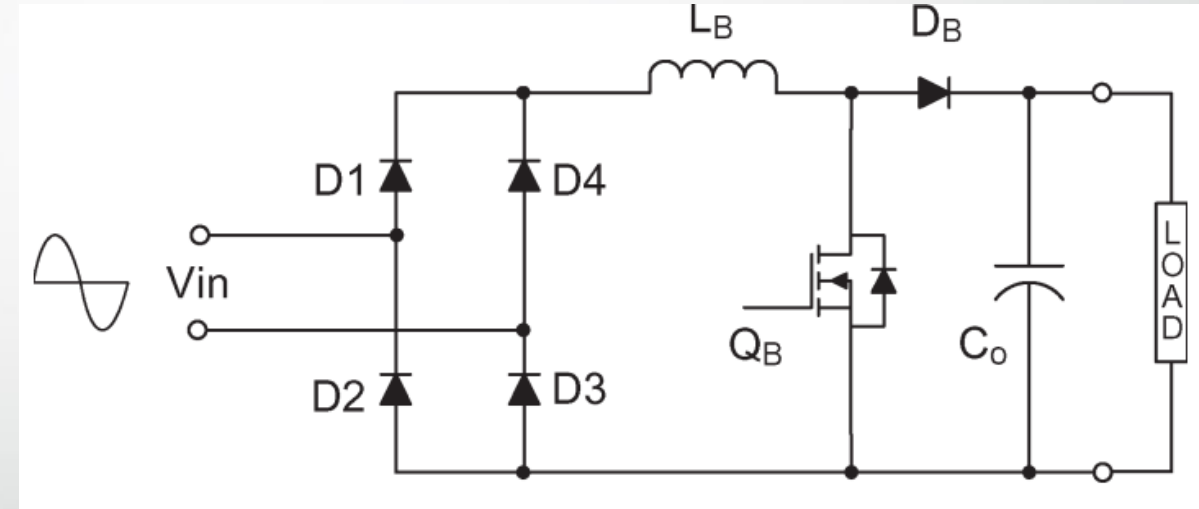
Şarj Sistemlerinde kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü topolojileri

- Elektrikli araçlarda yer alan dahili şarj cihazının temel devre yapısı şekilde görüldüğü gibidir.
- Şebeke tarafında elektromanyetik gürültünün engellenmesi ve standartların sağlanması amacıyla EMI filtresi yer almaktadır.
- Şebeke gerilimi bir doğrultucu ile doğrultulur ve peşinde yer alan Güç Faktörü Düzeltme (GFD, PFC) devresiyle şebekeden çekilen akım dalga formu sinüs yapılarak güç faktörünün 1 olması hedeflenir.
- Güç faktörü düzeltme amacıyla yaygın olarak Boost dönüştürücü kullanılır. Batarya şarj regülasyonunu sağlamak için ise bir DC-DC dönüştürücü kullanılır. Güvenlik sebeplerinden dolayı çoğunlukla izole DC-DC dönüştürücüler tercih edilir.



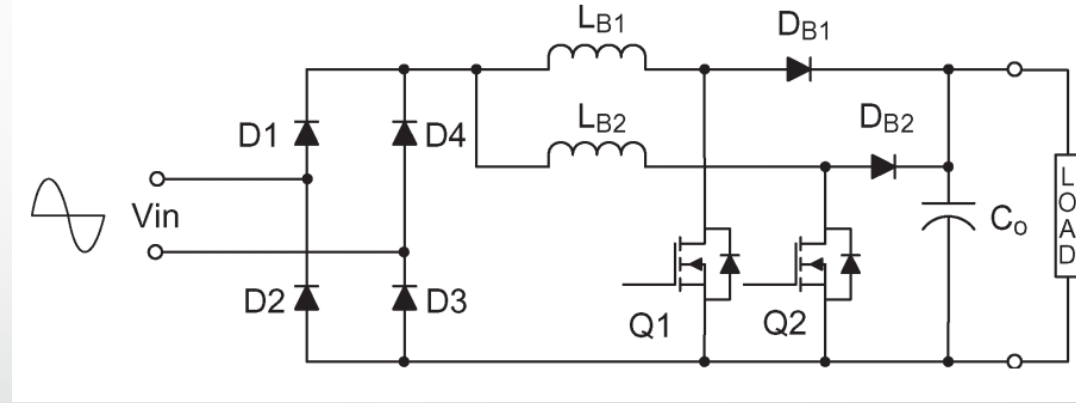
Şarj Sistemlerinde kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü topolojileri

- Köprü diyot vasıtasıyla şebeke gerilimi doğrultulur. Daha sonra şebeke gerilimiyle eş zamanlı referans sinüs sinyali üretilerek, endüktans üzerinden sinüs formunda akım akacak şekilde akım kontrolüyle anahtarlama yapılır. Böylece şebekeden çekilen akım düşük harmonik bozunumlu olur ve şebekeden çekilen gücün güç faktörü 1'e yakın tutulmuş olur.
- Köprü diyotlu Boost PFC topolojisi düşük güçlerde yaygın olarak kullanılsa da yüksek güçlere çıktığı zaman pasif devre elemanlarının boyutları büyümekte ve yarıiletken anahtarların güç değerleriyle sınırlanmaktadır.



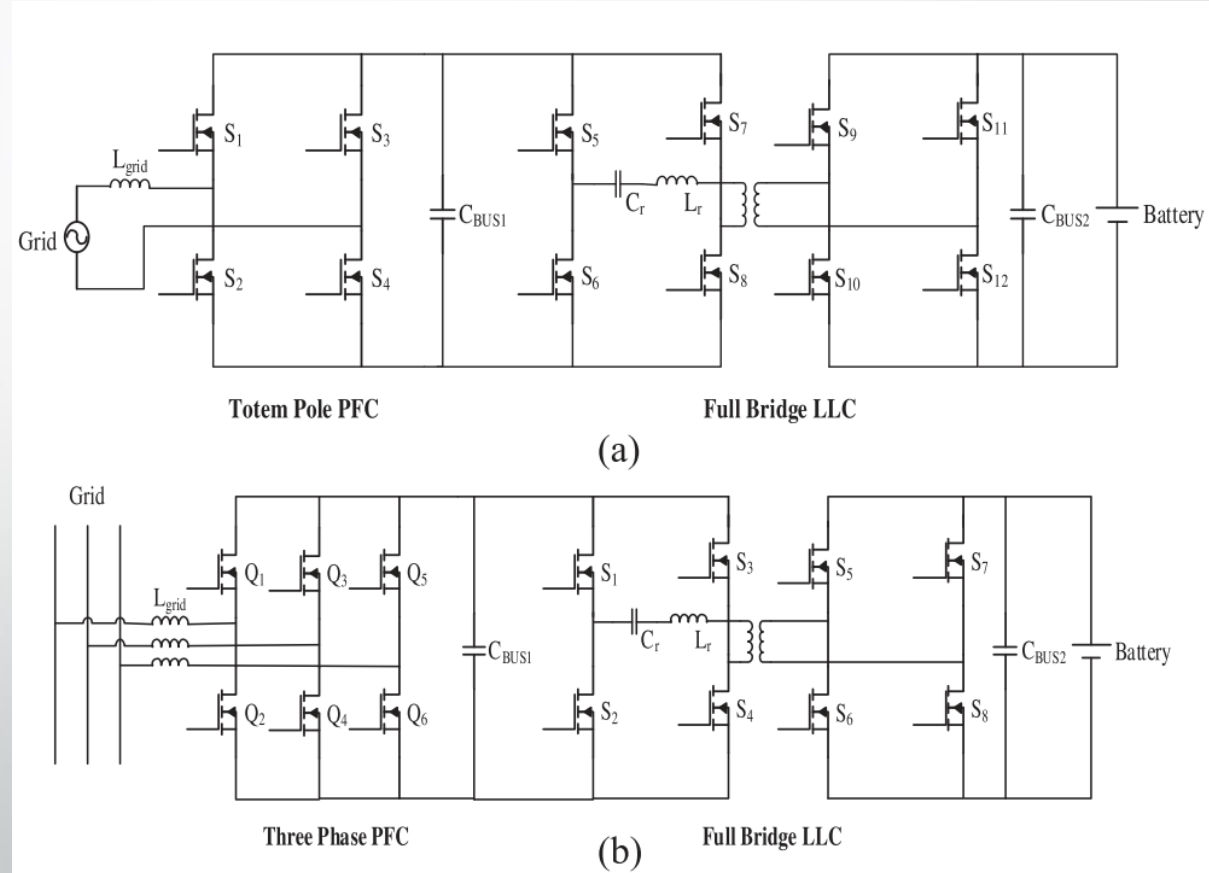
Şarj Sistemlerinde kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü topolojileri

- Bu yapıda paralel bağlı dönüştürücüler eş zamanlı olarak çalıştırılmayıp, birbirlerine göre 180 derece faz farkıyla kontrol edilirler. Bu yöntemle interleaving yöntemi denilmektedir. Endüktans akımları birbirine göre faz farklı olduğundan, bu yöntemde giriş akım dalgalılığı büyük oranda azalmaktadır.



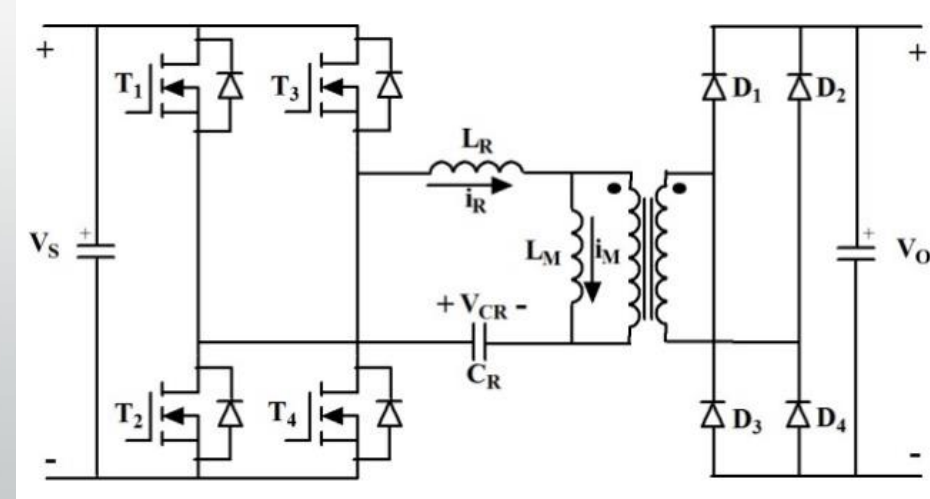
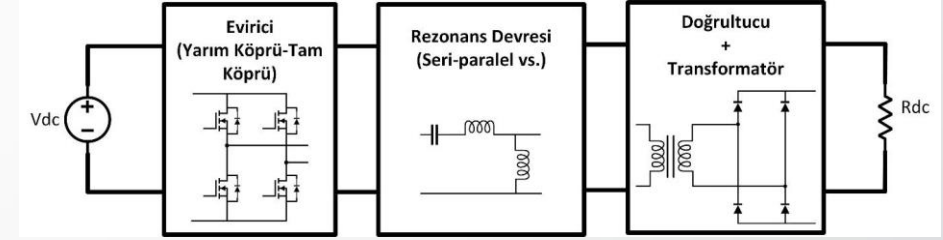
Şarj Sistemlerinde kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü topolojileri

- Doğrultma amacıyla kullanılan köprü diyotlar, yüksek gerilim düşümünden dolayı yüksek kayıplara neden olmaktadır. Bundan dolayı devrenin verimi düşmekte ve termal problemlere neden olmaktadır. Bu sorundan kaçınmak için literatürde köprüsüz PFC devreleri geliştirilmiştir.
- Ayrıca bu yapılarda aktif kontrollü anahtar kullanıldığı için çift yönlü güç akışı mümkün olmaktadır.
- Araçtan şebekeye güç aktarımı da literatürde üstünde durulan önemli konulardan biridir (V2G)



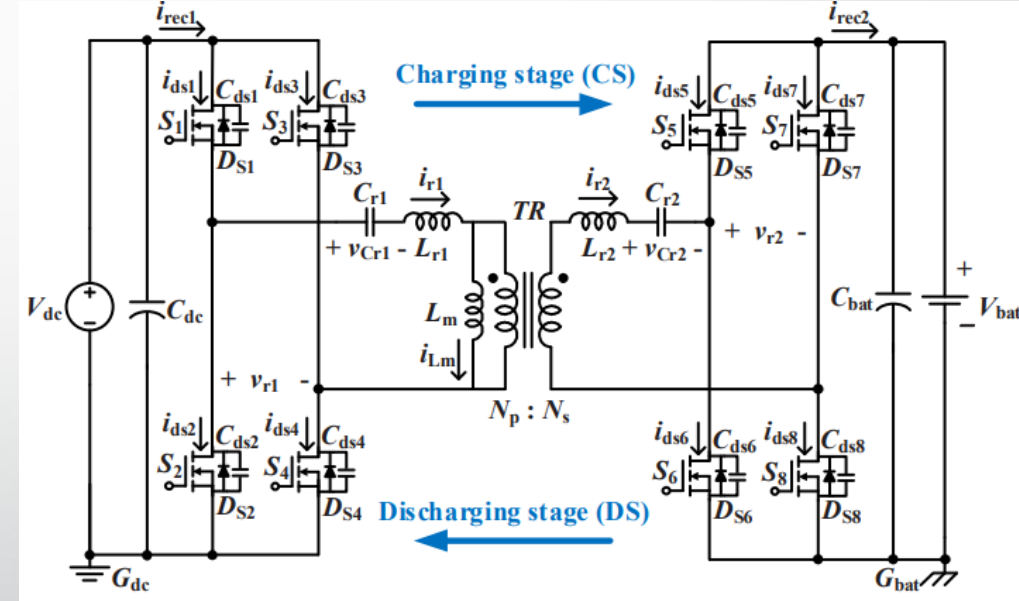
Şarj Sistemlerinde Kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü Topolojileri

- Rezonans dönüştürücüler, anahtarlama elemanlarının yumuşak anahtarlanmasına imkân sağladığı için önemli bir yere sahiptir. Fakat rezonans dönüştürücülerde yük gerilimi regülasyonu anahtarlama frekansına bağlı olduğundan uzun yıllar yaygın olarak kullanılmamıştır.
- LLC rezonans dönüştürücü yapısında düşük frekans değişimleriyle geniş bir aralıkta yük gerilimi regülasyonu sağlanabilmektedir. Yüksek verim, yüksek güç yoğunluğu gibi avantajlarından dolayı LLC dönüştürücü son yıllarda en popüler dönüştürücülerden biri haline gelmiştir ve birçok uygulamada tercih edilmektedir.
- LLC dönüştürücüde herhangi bir ek devreye ihtiyaç duymadan primer tarafta yer alan anahtarlarda sıfır gerilimde anahtarlama, sekonderde yer alan doğrultucu elemanlarında ise sıfır akımda anahtarlama yapılabilmektedir.



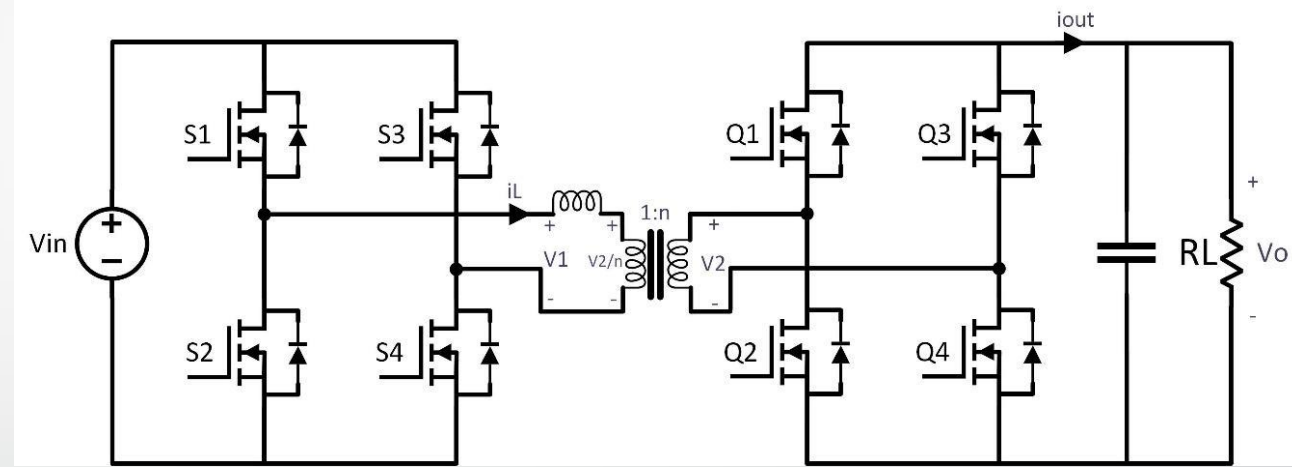
Şarj Sistemlerinde Kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü Topolojileri

- Elektrikli araç şarj uygulamalarında çift yönlü güç akışı literatürde yer alan uygulamalardan biridir. Şarj cihazının araçta yer alan bataryayı şarj etmesinin yanı sıra, bataryadan şebekeye güç aktarması da araştırılan konular arasında yer almaktadır. Bunun için çift yönlü (bidirectional) dönüştürücüler geliştirilmiştir.
- LLC dönüştürücüde rezonans elemanları primer tarafta yer aldığından dolayı asimetriklik söz konusudur. Çift yönlü çalışma için sekonder tarafa da rezonans elemanları eklenebilir. Bu dönüştürücüler literatürce CLLC DAB dönüştürücü olarak geçmektedir.



Şarj Sistemlerinde Kullanılan Güç Elektroniği Dönüştürücü Topolojileri

- Çift aktif köprülü DA-DA dönüştürücüler, giriş ve çıkış kısmında iki adet tam köprü evirici, transformator, primer veya sekonder tarafında eviriciye seri bir indüktans ve çıkış filtre kapasitöründen oluşmaktadır. Devrede yer alan indüktans yerine genellikle transformatorün kaçak indüktansı kullanılarak maliyet ve boyuttan avantaj sağlanmaktadır.
- Çift aktif köprülü DA-DA dönüştürücüde primer ve sekonderde yer alan eviriciler birbirlerine göre faz farklı olarak kontrol edilir. Aradaki faz farkı değiştirilerek çıkış geriliminin kontrolü sağlanır.



Şarj İstasyonlarının Kurulu Güce Yansımaları

- Türkiye 2023 yılı 10 aylık verisine göre toplam benzin tüketimi 4.423.615 m³ olup günlük ortalama benzin tüketimi 14.745.383,3lt dir (PETDER, Petrol Sanayi Derneği).
- Bir aracın 100km için ortalama benzin tüketimi 6lt varsayılırsa araçların kat ettiği yol 245.756.389km olarak hesaplanır.
- Paylaşılan verilerden yola çıkarak Togg marka bir aracın 100km'de ortalama enerji tüketimi 16,7kWh olduğu varsayılırsa, tüm benzinli araçların elektrikli araç olduğu durumda, sadece elektrikli araçlar için günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 41GWh olacaktır.
- Sadece benzinli araçlar dikkate alındığında ortalama güç ise 1,71GW olacaktır. Dizel araçlar da dikkate alındığında bu rakam en az 2'ye katlanacaktır (3,42GW).
- Genelde araçların şarjı akşam ve gece saatlerinde yoğunlaşacağı için bu gücü sağlayacak kurulu güç 3 katına kadar çıkabileceği tahmin edilebilir.

Şarj İstasyonlarının Kurulu Güce Yansımaları

- Bu veriler göz önüne alındığında elektrikli araçların yaygınlaşabilmesi için şebeke tarafında ciddi altyapı yatırımı gereksinimi olacağı ön görülmektedir.

Sistem ve Enerji Verimliliği



Bir birim mekanik enerji ihtiyacı için şebekede üretilmesi gereken mekanik enerji bağıl değeri:

$1/(0,95 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,85 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,9 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,98 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,6) = 3,7$ kat fazla enerji tüketmek zorunda kalınacak.

Sistem ve Enerji Verimliliği

- 3,42GW ortalama gc ihtiyağı için puant yük durumu göz önüne alındığında akşam saatlerinde yaklaşık 3 kat olabileceği öngörülmektedir.
- Yaklaşık 10GW puant gc ihtiyağının şebekeye yansımaları ise sistem verimi hesaba katıldığında bağıl 3,7 kat büyüklüğünde bir kurulu güce ihtiyaç duyulacaktır. Bu da en az 37GW'lık bir kurulu güce ihtiyaç doğuracaktır.
- Mevcut binek araçların elektrikliye dönüştürülmesi durumunda, Türkiye kurulu gücünün 105GW olduğu düşünülürse, mevcut durumun üçte biri kadar ilave yatırım gereksinimi ortaya çıkacaktır.



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER...