

ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARI KAYNAKLI GERİLİM HARMONİKLERİNİN DAĞITIM ŞEBEKESİNE ETKİSİ: MANİSA CBÜ MERKEZ YERLEŞKESİ DURUM ANALİZİ

Sait TAŞKESER¹, Sezai TAŞKIN¹, Macit TOZAK¹, Ertuğrul PARTAL², Metin Nil³

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

²ADM Elektrik Dağıtım, Ar-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

³Vestel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Manisa, Türkiye

180310055@ogr.cbu.edu.tr, sezai.taskin@cbu.edu.tr, macit.tozak@cbu.edu.tr, ertugrul.partal@admelektrik.com.tr, metin.nil@vestel.com.tr

ÖZET

Günümüzde sürdürülebilir ve çevre dostu ulaşım alternatiflerine olan talep arttıkça, elektrikli araçlar hızla yaygınlaşmaktadır. Bu gelişim, hem ulaşım altyapısında hem de enerji sektöründe önemli değişikliklerin ve planlamaların yapılması gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Elektrikli araçların şebekeye entegrasyonunda güç akışı ve kalitesinde meydana getireceği etkilerin analizi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonlarının şebekeye entegrasyonu ve harmonik analizi üzerine odaklanılmıştır. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi elektrik dağıtım şebekesi tek hat şeması kullanılarak DIgSILENT PowerFactory programı ile yerleşkedeki otopark noktalarına elektrikli araç şarj istasyonları yerleştirilerek farklı durum çalışmaları incelenmiştir. Sonuçlar harmonik seviyelerinin TS EN 50160 standardında belirtilen limitler dahilinde olup olmadığı, trafoların aşırı yüklenme durumları ve supraharmenikler bakımından değerlendirilmiştir.

1. GİRİŞ

Pek çok otomobil markası elektrikli araçlar üzerine yoğun çalışmalar yürütmekte ve piyasaya yeni ürünler sunmaktadırlar. Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) tarafından geliştirilen yerli elektrikli otomobil modeli ile Türkiye'deki Elektrikli Araç (EA) piyasası oldukça hareketlenmiştir. Tüm bu gelişmeler, yakın gelecekte EA sektörünün daha da büyüyeceğine işaret etmekte olup sürdürülebilir ve çevre dostu ulaşım sistemlerine yönelik talebin artacağına dair önemli işaretler vermektedir [1].

EA şarj istasyonları, enerji sistemlerinin ve dağıtım şebekelerinin önemli bir bileşeni haline gelmektedir. Bununla birlikte, EA şarj istasyonlarının şebekeye entegrasyonu güç kalitesi üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir.

EA şarj istasyonlarının akım ve gerilim seviyeleri [2], EA şarj istasyonlarının şebeke üzerindeki harmonik etkisinin analizi [3], EA şarj istasyonlarının şebeke üzerindeki harmonik oluşumu, gerilim profilindeki bozulmalar ve trafo güç kayıpları gibi güç kalitesi problemlerinin incelenmesi [4], EA hızlı şarj istasyonlarının harmonik ölçümleri ve teorik değer ile arasındaki farkların karşılaştırılması, verim ve güç faktörünün kapsamını belirlemek ve sonucu ilgili standartlarla karşılaştırılması [5] literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, EA şarj istasyonlarına bağlı araçların şarj ünitesine bağlanması ve şarj işlemine başlaması ile şebeke üzerinde oluşturacağı etkileri incelemek üzere DIgSILENT PowerFactory programında modelleme ve benzetim çalışması yapılmıştır. Durum senaryoları için ele alınan şebeke modelinin her barasına EA bağlanmış ve harmonik analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar TS EN 50160 standardına göre yorumlanmıştır.

2. ENERJİ KALİTESİ VE ÖNEMİ

Doğrusal olmayan yüklerin yaygın kullanımı, elektrik enerji sistemlerinde güç kalitesi problemlerine ve özellikle harmonik bozunuma neden olmaktadır. Elektrik enerjisinin üretiminden

tüketimine kadar olan süreçte, güç kalitesi problemlerinin belirlenmesi, sebeplerinin ortaya konması ve olası etkilerinin analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Güç kalitesi ölçümünde harmonikler önemli bir değerlendirme ölçütü olarak dikkate alınmaktadır. Harmonikler, esas olarak doğrusal olmayan elemanların ve sinüsoidal olmayan kaynakların varlığından kaynaklanır. Akım-gerilim ilişkisi doğrusal olmayan elemanlara doğrusal olmayan elemanlar(non-linear) adı verilir. Akım ve gerilim dalga şekilleri, temel sinüsoidal dalganın yanı sıra doğrusal olmayan elemanların etkisiyle oluşan farklı frekans ve genliklere sahip diğer sinüsoidal dalgaların toplamından oluşmaktadır. Temel dalga dışındaki sinüsoidal dalgalar "harmonik" olarak adlandırılır. Elektrik güç sistemlerindeki sinüsoidal formdaki sinyallerin simetrik yapısı nedeniyle 3, 5, 7, 11 gibi tek harmonik bileşenler mevcuttur. Enerji kalitesinin ölçülmesi ve bozulmaların sınırlandırılması için akım ve gerilim harmoniklerinin tanımlanması ve analiz edilmesi gereklidir. Toplam harmonik distorsiyon (THD), harmonik bileşenlerin etkin (RMS) değerlerinin temel bileşenin etkin değerine oranlanmasıyla hesaplanır ve genellikle yüzde olarak ifade edilir. THD değeri, temel sinüs bileşeninin harmonik bileşenlerin eklenmesiyle ne kadar değişime uğrayacağını gösterir. Bu bağlamda, enerji üretiminden tüketimine kadar olan süreç boyunca harmoniklerin ve diğer güç kalitesi parametrelerinin dikkatlice analiz edilmesi ve değerlendirilmesi, enerji verimliliği ve güç sistemlerinin sağlıklı çalışması için oldukça önem arz etmektedir. Yalnızca temel frekansın bulunduğu tam sinüsoidal bir dalga durumunda, THD değeri sıfır olacaktır. Başka bir deyişle, denklem (1) ve denklem (2) incelendiğinde, harmonik bileşenlerin bulunmadığı sistemlerde THD yoktur. Gerilim için THD, denklem (1)'de ifade edilmiştir.

$$\%THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100 \quad (1)$$

Burada, THD_V gerilim toplam harmonik distorsiyonunu (bozunumu), V_n devreye uygulanan gerilimin n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değerini, V_1 devreye uygulanan gerilimin temel frekanstaki etkin değerini ifade etmektedir. Akım için THD, denklem (2)'de verilmiştir.

$$\%THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100 \quad (2)$$

Burada, THD_I akımın THD'sini, I_n devreden geçen akımın n'inci mertebedeki harmoniğinin etkin değerini, I_1 devreden geçen akımın temel frekanstaki etkin değerini ifade etmektedir.

Avrupa'da ve Türkiye'de elektrik iletimi-dağıtımı ideal olarak, 50 Hz temel frekansa sahip sinüsoidal dalga şeklinde gerçekleşmektedir. Fakat, işletmelerdeki bazı nonlinear yükler farklı frekans düzeylerinde akım ve gerilim genliklerine neden olurlar. Bu tür durumlarda, faz gerilimlerinin dengeli olması ve gerilimdeki harmonik seviyelerinin belirli sınırlar içinde tutulması gibi bazı kriterlere dikkat edilmesi önemlidir. AG besleme terminallerindeki harmonik gerilimi sınır değerleri *Tablo 1*'de verilmiştir [7,9,10].

Elektrikli araç pazarının zamanla artması, mevcut şebeke hatları üzerinde yüklenmelere, aynı anda sistemin kaldırabileceğinden fazla elektrikli aracın şebekeye bağlanması talebin karşılanamamasına neden olabilecektir. Kontrolsüz ve koordinasyonsuz şarj işlemi durumunda, belli zamanlarda yük talebinde büyük bir artış meydana gelecektir. Bu durum güç sisteminin dengesini etkileyecektir. Şebeke hattının bir bütün olarak çalıştığı göz ardı edilmemelidir. Sistemin bir noktasındaki etki, diğer noktasında farklı bir tepkiye neden olabilmektedir [6].

Tablo 1. AG besleme terminallerindeki harmonik gerilimi sınır değerleri

Tek Harmonikler (3'ün katı olmayan)		Tek Harmonikler (3'ün katı olan)		Çift Harmonikler	
Harmonik Bileşen	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik Bileşen	Harmonik Gerilim (%)	Harmonik Bileşen	Harmonik Gerilim (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	1	6 ... 24	0,5
13	3	21	0,75		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				
25<h≤49	2,27.(17/h)-0,27	21<h≤45	0,2	26≤h≤50	0,25.(10/h)+0,25

NOT: Toplam harmonik bozulma için karşılık gelen uyumluluk seviyesi %THD= %8'dir.

TS EN 50160 standardı [7], elektrik enerjisi kalitesi için temel bir referans noktasıdır. Elektrik şebekesinin kalitesini belirlemek ve uygun düzeyde kalmasını sağlamak için gerekli sınırları ve tanımlamaları içermektedir. Bu standart, gerilim dalgalanmaları, harmonikler, gerilim düşmeleri ve yükselmeleri gibi elektriksel sorunları ele alır ve bu sorunlara yönelik kabul edilebilir sınırları belirler. TS EN 50160 standardı, elektrik enerjisi kalitesi açısından hem dağıtım şirketlerini hem de özel elektrik işletmelerini korumayı hedefler. Dağıtım şirketleri, standartta belirtilen parametreleri sağlamakla yükümlüdür ve şebeke üzerindeki düzenlemeleri buna göre yaparlar. Ayrıca elektrikli araç şarj istasyonları gibi özel elektrik işletmeleri de aynı sorumluluğu taşır. Bu işletmeler, şebekeye bağlı oldukları için, şebekeyi etkileyen faktörlerden biri haline gelirler ve mevzuat [8] açısından bakıldığında özel şebeke sahipleri bu standart sınır değerlerine uymak zorunda olmasalar da uymaları kendilerine fayda sağlayacaktır.

Özel elektrik işletmelerinin TS EN 50160 standardına uyması gerektiğinin sebepleri çeşitli açılardan ele alınmaktadır. İlk olarak, elektrik enerjisi kalitesinin sağlanması, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Ancak elektrikli araçların yaygınlaşması ve şarj istasyonlarının artmasıyla birlikte, enerji tüketimi ve şebeke üzerindeki yük önemli ölçüde artacaktır. Bu durum, elektrik şebekesinin kararlılığını ve güvenilirliğini etkilemektedir. TS EN 50160

standardına uyum sağlayarak, özel elektrik işletmeleri enerji tüketimini daha verimli hale getirebilir, şebeke üzerindeki yükü dengeleyebilir ve böylece enerji sisteminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilirler. İkinci olarak, TS EN 50160 standardına uymak, güvenlik açısından da büyük önem taşır. Elektrik enerjisi kalitesinin düşük olması, cihazların ve ekipmanların sağlıklı çalışmasını engelleyebilir ve hatta hasara neden olabilir. Özel elektrik işletmeleri, elektrikli araç şarj istasyonlarındaki ekipmanların güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için standartta belirtilen elektriksel parametreleri izlemeli ve gerektiğinde düzeltici önlemler almalıdır. Bu durum, kullanıcı güvenliğini sağlamak ve cihazların zarar görmesini önlemek için oldukça önemlidir. TS EN 50160 standardına uyum, elektrikli araç şarj istasyonlarının entegrasyonunu kolaylaştırır ve uluslararası standartlarla uyumlu hale gelmelerini sağlar.

Sonuç olarak, elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekesine etkileri üzerindeki çalışmalar ve standartlara uyum, enerji sektörünün sürdürülebilir ve güvenilirliğini sağlamak için kritik bir adımdır. Bu konu, sadece elektrik dağıtım şirketlerini değil, aynı zamanda özel elektrik işletmelerini de ilgilendirmektedir. Özel elektrik işletmelerinin TS EN 50160 standardına uyması, enerji kalitesinin sağlanması, güvenlik ve uluslararası entegrasyon açısından büyük önem taşır. Bu sayede, elektrikli araçların yaygınlaşması ve şarj istasyonlarının artmasıyla birlikte enerji

tüketimi ve şebeke üzerindeki yükün dengelenmesi sağlanabilir, enerji sistemi daha sürdürülebilir hale getirilebilir ve güvenlik riskleri minimize edilebilir.

3. MATERYAL VE METOT

Modelleme ve benzetim çalışmaları için Manisa Celal Bayar Üniversitesi (MCBÜ) Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi tek hat şeması kullanılmıştır. Bu şebekeye ait trafo bilgileri *Tablo 2*'de, yük bilgileri *Tablo 3*'te, kablo bilgileri ise *Tablo 4*'te verilmiştir. Binaların her biri aktif ve reaktif güç talep eden ayrı birer yük olarak modellenmiştir.

Mevcut şebeke yapısında Elektrikli Araç Şarj İstasyonları (EAŞİ) bulunmadığı için dağıtım şebekesine etkisinin olmadığı kabul edilmiştir.

Tablo 2. MCBÜ merkez yerleşkesi trafo bilgileri

TR No	Sn (kVA)	Vp (kV)	Vs (kV)	Uk (%)
TR 1	400	31,5	0,4	3
TR 2	1000	31,5	0,4	3
TR 3	400	31,5	0,4	3
TR 4	400	31,5	0,4	3
TR 5	630	31,5	0,4	3
TR 6	1000	31,5	0,4	3
TR 7	630	31,5	0,4	3
TR 8	1600	31,5	0,4	3
TR 9	630	31,5	0,4	3
TR 10	1250	31,5	0,4	3
TR 11	1000	31,5	0,4	3
TR 12	2000	31,5	0,4	3
TR 13	400	31,5	0,4	3
TR 14	250	31,5	0,4	3

Tablo 3. MCBÜ merkez yerleşkesi yük bilgileri

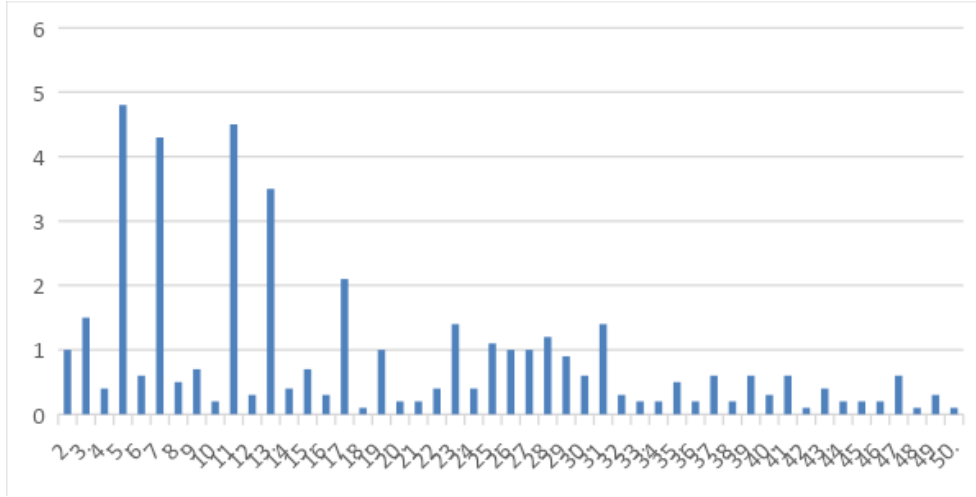
Yük Numarası	P (kW)	Q (kVAR)
1	300	50
2	750	100
3	250	50
4	300	70
5	400	150
6	500	100
7	500	130
8	1000	150
9	550	50
10	1000	200
11	800	200
12	1500	200
13	200	200
14	150	150

Tablo 4. MCBÜ merkez yerleşkesi kablo bilgileri

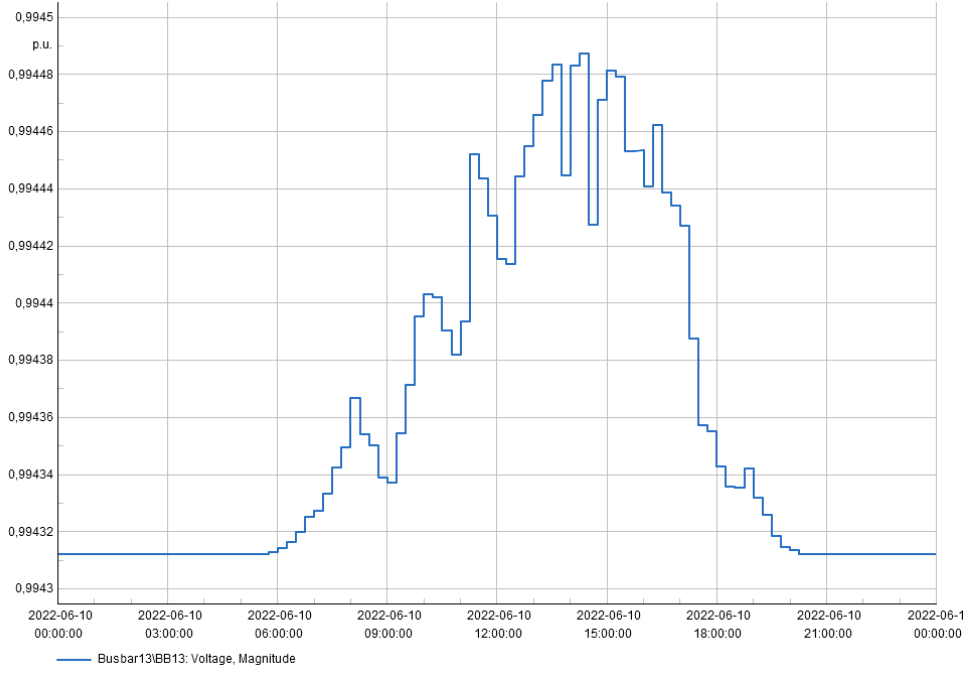
Bara No	Gerilim seviyesi (kV)	R (Ω/k m)	X (Ω/k)	Hat Uzunluğu (m)
1-2.	31,5	0,32	0,1884	655
1-3.	31,5	0,32	0,1884	255
3-4.	31,5	0,32	0,1884	240
4-5.	31,5	0,32	0,1884	395
5-6.	31,5	0,32	0,1884	93
6-7.	31,5	0,32	0,1884	330
1-9.	31,5	0,32	0,1884	555
9-10.	31,5	0,32	0,1884	646
10-11.	31,5	0,32	0,1884	262
11-12.	31,5	0,32	0,1884 956	170
12-13.	31,5	0,32	0,1884 956	350

Tablo 5. EAŞİ model parametreleri

Parametre	Değer
Hızlı Şarj	1=evet; 0=hayır
Güç, Hızlı Şarj	maxP [MW]
Güç, Yavaş Şarj	lowP [MW]
Şarjı durdurmak için SoC	SoCmax [%]
Enerji depolama kapasitesi	Eini [MWh]
En erken varış zamanı	(24s format) [h]
En son varış zamanı	(24s format) [h]



Şekil 1. EAŞİ harmonik akım bozunumu



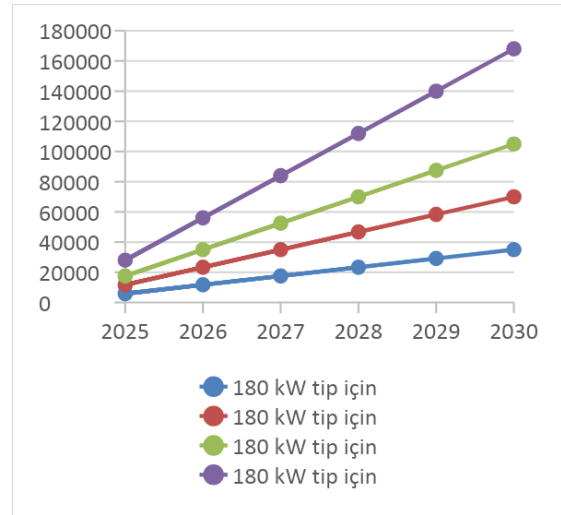
Şekil 2. PV sistemin bağlı olduğu baranın günlük gerilim eğrisi

Bu çalışma kapsamında elektrikli araç şarj istasyonlarının günlük 5, 10, 15 ve 24 saat çalıştığı varsayılmıştır. Yıl içindeki EAŞİ sayısı, yıllık enerji tüketim miktarı ve çalışma süresiyle

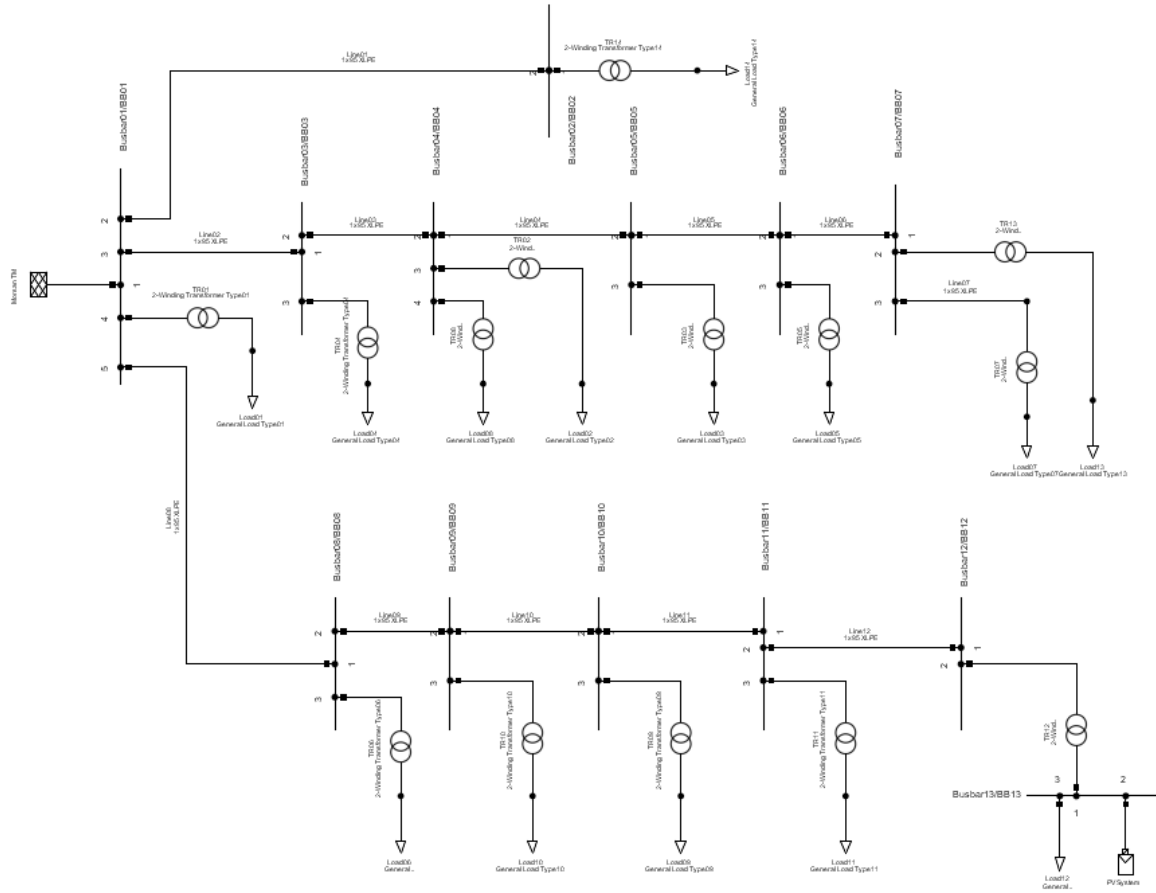
çarpılarak ilgili yıl için toplam enerji tüketim miktarı hesaplanmıştır. 2025'ten 2030 yılına kadar Morsan TM'deki EAŞİ'lerden kaynaklı ek enerji tüketim miktarları Şekil 3'de özetlenmiştir.

Tablo 6. Farklı güç değerleri ve çalışma saatlerine göre EAŞİ için bir yıllık enerji tüketimleri

EAŞİ kaynaklı yıllık enerji tüketimi (MWh)				
EAŞİ güç çeşitleri	Günlük EAŞİ çalışma süresi			
	5 saat	10 saat	15 saat	24 saat
22kW tip	712,8	1.425,6	2.138,4	3.421,4
44kW tip	1.425,6	2.851,2	4.276,8	6.842,8
90kW tip	2.916	5.832	8.748	13.996,8
120kW tip	3.888	7.776	11.664	18.662,4
180kW tip	5.832	11.664	17.496	27.993,6
360kW tip	11.664	23.328	34.992	55.987,2



Şekil 3. 180 kW tip için EAŞİ kaynaklı yıllık toplam enerji tüketimi (MWh)



Şekil 4. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi tek hat şeması

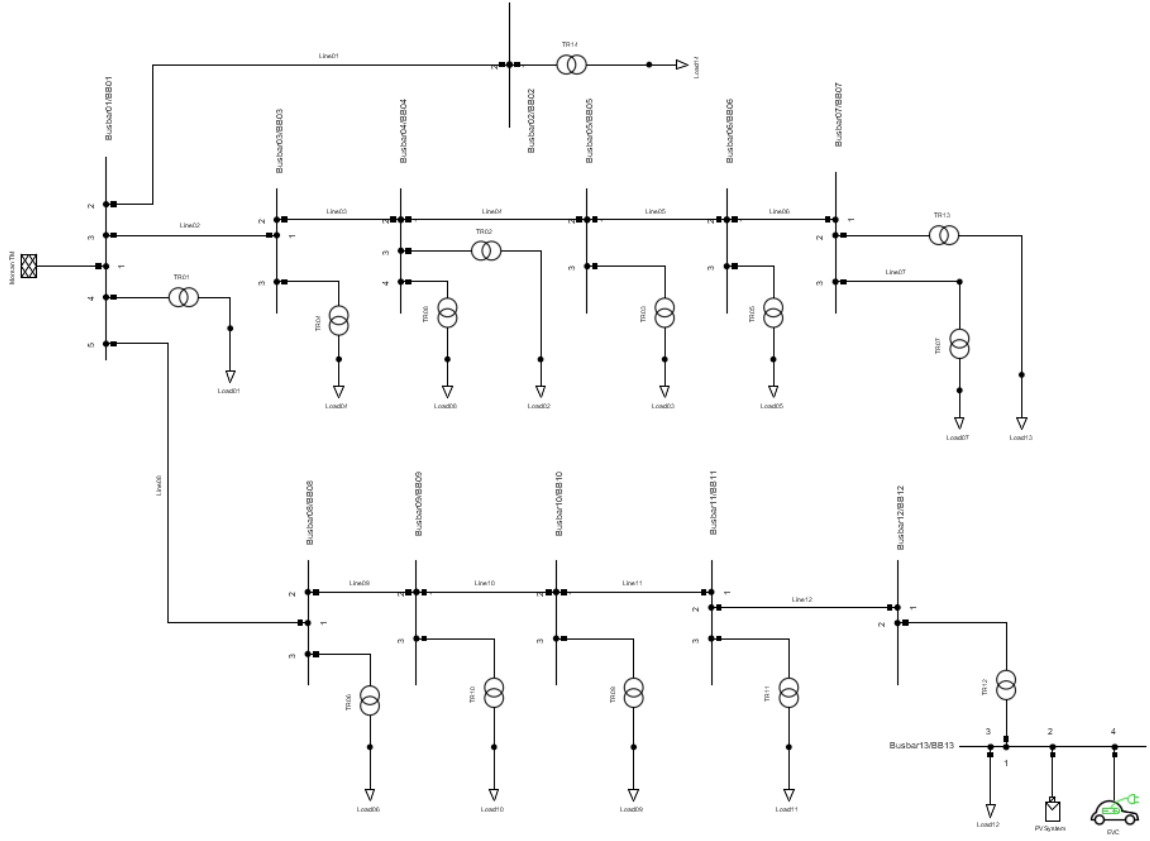
Üniversite yerleşkesinin de bulunduğu Muradiye Bölgesi, TEİAŞ MORSAN TM'den beslenmektedir. Bu nedenle MORSAN TM sonsuz güç kaynağı olarak temsil edilmiştir. Orta gerilim hattı üniversite içerisine girdikten sonra orta gerilim dağıtım hatlarına iletilir ve üniversite içerisinde bulunan bina tipi trafolarla alçak gerilim seviyesine dönüştürülür. Yerleşke içerisinde bulunan 14 trafo noktası üzerinden binalar ve bunlara bağlı birimler beslenmektedir.

Modelleme çalışmasında, EAŞİ fakülte ve idari binaların etrafında bulunan otopark alanlarının bulunduğu noktalara yerleştirilmiştir.

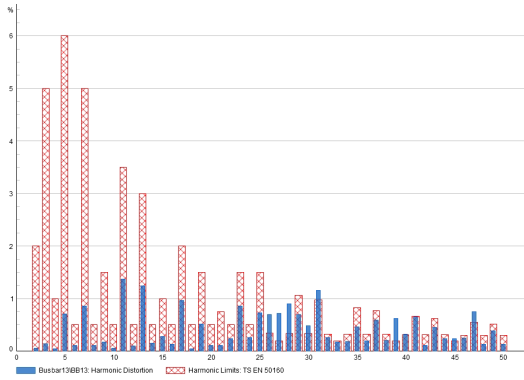
4. DURUM ÇALIŞMALARI

Başlangıç durumu analiz etmek için ilk olarak sadece bara 13'e şarj istasyonu eklenmiştir. Bara

13'e bağlanan bir elektrikli aracın şarj edilmesi senaryosunun harmonik analizi için Şekil 5'deki model kullanılmıştır. Buna göre MCBÜ Mühendislik Fakültesine ait olan 12 numaralı trafonun alçak gerilim barasına bir adet AC gücü 50,6kW ve DC gücü 60,4kW olan hızlı şarj istasyonu ile 100kWh batarya gücüne sahip bir EA bağlanmıştır. Bu senaryoya ait harmonik bozulma sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Bara-13'teki bir adet EA şarj istasyonunun harmonik bozunumu incelendiğinde yüksek dereceli harmonik seviyelerinde limitleri aşan bazı değerler olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Bir adet EA şarj istasyonu ekli MCBÜ şebeke modeli

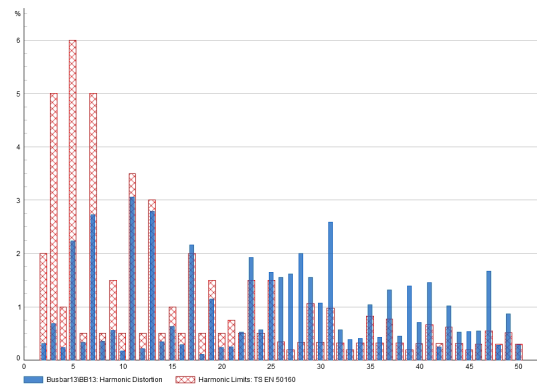


Şekil 6. Bara-13 üzerindeki harmonik bozunumu

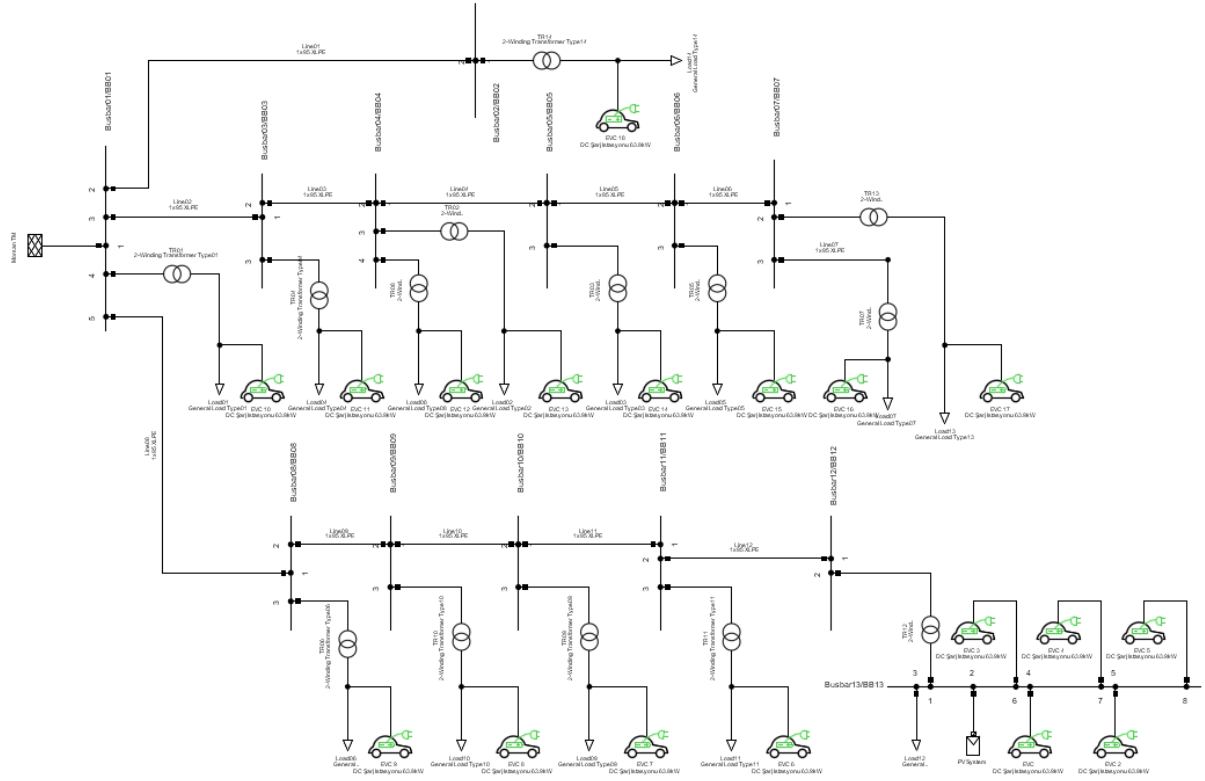
Birçok elektrikli aracın şebekeye entegre edildiği durumun analizi için Şekil 7'deki model kullanılmıştır. Her baraya bir EA şarj istasyonu yerleştirilmiştir. Bu durum için elde edilen harmonik mertebesine göre bozulma sonuçları ve limitleri Şekil 8 'de verilmiştir. Bu senaryoda yüksek mertebelerdeki harmonik bozulma oranları daha da artmıştır.

MCBÜ Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Yerleşkesi tek hat modellemesinde binaların güç beslemelerinde

kullanılan hatlar incelendiğinde Tablo 7'de trafo yüklenme oranlarının normal olduğu ve risk oluşturmadıkları görülmektedir. Fakat, mevcut durumda şebeke üzerinde herhangi bir elektrikli araç şarj istasyonu bulunmamaktadır. Bu istasyonların eklenmesi durumunda şebekeden çekilecek güç daha yüksek olacağından şebekede mevcut trafoların yüklenme oranı artacaktır.



Şekil 8. Bara-13'e EA şarj istasyonu dahil edilmesi sonucu oluşan toplam harmonik bozunum seviyeleri.



Şekil 7. Tüm baralara EAŞİ eklenmesine ait tek hat şeması

Tablo 7. MCBÜ elektrik şebekesi üzerindeki farklı durumlarda trafo yüklenmeleri

Trafo Numarası	EA Şarj İstasyonları Bağlı Değilken Trafo Yüklenmesi %	EA Şarj İstasyonları Olması Durumunda Yüklenme
TR1	76,3	90,1
TR2	75,9	81,4
TR3	64,0	78,0
TR4	77,5	91,5
TR5	65,8	74,7
TR6	51,2	56,7
TR7	82,6	91,6
TR8	63,4	66,8
TR9	88,0	96,7
TR10	82,1	86,6
TR11	83,1	88,8
TR12	71,1	84,9
TR13	71,9	85,7
TR14	86,5	108,7

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada MCBÜ Şehit Prof.Dr. İlhan Varank Yerleşkesindeki mevcut radyal şebekeden beslenen binaların otopark alanlarına EA şarj istasyonu ilave edilmesi durumunda oluşacak harmonik analizi ve trafo yüklenme durumları DigSilent Power Factory programında modellenmiş ve analiz edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, bara-13 üzerinden bir adet araç şarj oluyorken toplam gerilim harmonik bozunum değerinin %3,762 olduğu görülmüştür. Ortak bağlantı noktası olan bara-13'te her ne kadar toplam harmonik bozunum değeri sınır değer olan %8'i geçmemiş olsa da özellikle yüksek dereceli harmonik değerlerinde üst sınırın aşıldığı görülmektedir.

EA sayılarının artacağı dikkate alınarak Şekil'de verilen her trafonun beslediği her bina etrafındaki otopark alanına hızlı şarj istasyonu modeli oluşturulmuştur. Bu model kullanılarak mevcut harmonik gerilim seviyeleri dahil olmamakla birlikte, gerçekleştirilen harmonik analiz

sonuçlarında toplam harmonik bozunum seviyesi %8,819 olarak hesaplanmış ve alçak gerilim terminallerindeki tekli ve toplam harmonik gerilim değerlerinin TS EN 50160 standardında belirtilen limitleri aştığı sonucuna varılmıştır.

EA şarj istasyonlarının mevcut sisteme dahil edilmesiyle birlikte trafo yüklenmelerindeki artışlar *Tablo 7*'de verilmiştir. Buna göre, TR14 numaralı trafo %108,7 oran ile aşırı yüklenmiştir.

Özellikle DC hızlı şarj cihazlarının yüksek akım seviyesinde enerji sağlaması nedeniyle, arz-talep faktörlerine bağlı olarak sistemde dengesizlikler ve sistemin uygun yanıtı sağlayamama gibi durumlar meydana gelebilir. Hangi araca ne kadar süre içinde ne kadar enerji aktarılacağı ve bunun sisteme ne gibi etkileri olacağı da oldukça önemlidir. Bu nedenle elektrikli araçların şarj edilmeleri bir merkezi kontrol sistemi üzerinden koordineli olarak kontrol edilebilir hale getirilmelidir.

Bu çalışmanın devamında yük-empedans karakteristiği modelinin doğruluğu artırılabilir ve batarya enerji depolama sistemleri modele ilave edilebilir. EA şarj istasyonundaki AC filtrelerin düşük harmonik seviyelerinde (5, 7, 11, 13 gibi) rezonansa neden olabileceği durum dikkate alınarak modelde uygun filtre tasarımları üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012214967 nolu "Manisa CBÜ Muradiye Yerleşkesi İçin Elektrikli Araç Şarj İstasyonu İhtiyaç Tespiti, Konumlarının Belirlenmesi ve Güç Kalitesine Etkilerinin Analizi" başlıklı proje ile destekleyen Tübitak'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] E. Çetin, "Elektrikli araç şarj istasyonu entegre mevcut bir elektrik tesisatındaki revizyon gereksiniminin Simaris ortamında incelemesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 28(2), 222-233, Nisan 2022
- [2] A. K. Karmaker, S. Roy and M. R. Ahmed, "Analysis of the Impact of Electric Vehicle Charging Station on Power Quality Issues," 2019 International Conference on Electrical,

Computer and Communication Engineering (ECCE), Cox'sBazar, Bangladesh, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ECACE.2019.8679164.

- [3] A. Bosak, A. Bosak, L. Kulakovskiy and T. Oboronov, "Impact of EV Chargers on Total Harmonic Distortion in the Distribution System Network," 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 329-333, doi: 10.1109/ESS.2019.8764244.
- [4] A. Kerem, N. Doğan and A. S. Yılmaz, "Scenario-based modeling of the effects of electric vehicle charging station on the grid," 2021 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, Turkey, 2021, pp. 31-36, doi: 10.1109/ISMSIT52890.2021.9604670.
- [5] T. Fujun, X. Ruiheng, C. Dong, R. Lijia, Y. Quanning and Z. Yan, "Research on the harmonic characteristics of electric vehicle fast charging stations," 2017 2nd International Conference on Power and Renewable Energy (ICPRE), Chengdu, China, 2017, pp. 805-809, doi: 10.1109/ICPRE.2017.8390645.
- [6] 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>
- [7] TS EN 5016(2023) Genel elektrik şebekeleri tarafından sağlanan elektriğin gerilim karakteristikleri.
- [8] Elektrik Dağıtım Sisteminin Teknik Kalitesine İlişkin Usul ve Esaslar (2020)
- [9] IEC 61000-2-2: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems.
- [10] IEC 61000-2-12: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 2-12: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems.