

Elektrikli araç şarj istasyonu entegre edilen mevcut bir elektrik tesisatındaki revizyon ihtiyacının Simaris ortamında incelenmesi

Investigation of the revision requirement of an existing electrical installation integrated with electric vehicle charging station in Simaris software

Engin ÇETİN^{1*} 

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
engincetin@pau.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 08.02.2021
Kabul Tarihi/Accepted: 29.04.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 19.04.2021

doi: 10.5505/pajes.2021.85550
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Elektrikli araçlar, son yıllarda, fosil yakıt kaynaklarındaki azalma, fosil yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalar, batarya teknolojileri ve enerji yönetim sistemlerindeki gelişmelerle birlikte ön plana çıkmıştır. Bugün dünyanın birçok gelişmiş ülkesinde, gerek elektrikli araç üretimleri, gerekse bu araçların enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik şarj istasyonlarının üretimine ve kurulmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu ile birlikte, bu tür sistemlerin entegre edildiği elektrik tesisatı üzerindeki etkileri de önem arz etmeye başlamıştır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının mevcut elektrik tesisatlarına entegrasyonu ile birlikte, ilgili tesisatlar üzerinde; gerilim düşümünün, kabloların akım taşıma kapasitelerinin, şalt ekipmanlarının kısa devre kesme kapasitelerinin, seçiciliğin ve benzeri elektrikselsel unsurların yeniden ele alınması ihtiyacı doğmaktadır. Yapılan bu çalışmada, bir tesise elektrikli araç şarj istasyonu entegre edilmesi halinde ortaya çıkabilecek elektrik tesisatı revizyon ihtiyaçları, Simaris ortamında yapılan benzetim sonuçları ile birlikte incelenmiştir. İnceleme, elektrikli araç şarj istasyonu entegre edilen mevcut bir tesiste ortaya çıkabilecek şalt ekipmanı ve kablolama revizyon ihtiyaçları üzerine yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda; gerilim düşümü, akım taşıma kapasitesi, şalt ekipmanı değişimi, kısa devre akımı ve seçicilik kavramları üzerinde durulmuştur. Neticede; elektrikli araç şarj istasyonu entegre edilen bir tesiste, sağlıklı ve güvenli işletme koşullarının sağlanabilmesi için, elektrikselsel ekipman değişimi yoluna gidilmesinin gerekliliği, benzetim sonuçları ile birlikte ortaya koyulmuştur.

Anahtar kelimeler: Elektrikli araç, Şarj istasyonu, Elektrik tesisatı, Simaris.

Abstract

In recent years, electric vehicles have come to the forefront with decreases in fossil fuel sources, fluctuations in fossil fuel prices, and advances in battery technologies and energy management systems. Today, in many developed countries of the world, both the production of electric vehicles and the production and installation of charging stations to meet the energy needs of these vehicles are being carried out. Along with the installation of electric vehicle charging stations, their impact on the electrical installation in which such systems are integrated has also become important. With the integration of electric vehicle charging stations into the existing electrical installations, on the related installations; The need arises to reconsider voltage drop, current carrying capacity of cables, short-circuit breaking capacity of switchgear equipment, selectivity, and similar electrical phenomenon. In this study, the revision needs of the electrical installation that can be realized in case of the integration of electric vehicle charging station to a sample installation are examined together with the simulation results in Simaris. The review focused on the switchgear equipment and wiring revision needs that may arise in an existing installation with an electric vehicle charging station integrated. In this context; voltage drop, current carrying capacity, switchgear change, short-circuit current, and selectivity concepts are emphasized. Finally; together with the simulation results, the necessity of changing electrical equipment in an installation where the electric vehicle charging station is integrated, in order to ensure healthy and safe operating conditions, is revealed.

Keywords: Electric vehicle, Charging station, Electrical installation, Simaris.

1 Giriş

Elektrikli araç teknolojileri, son yıllarda tüm dünyada yapılan ar-ge çalışmaları ile birlikte, hızlı bir ivmelenme göstermiştir. Bu durumda, elbette ki fosil yakıt kaynaklarının çevresel etkilerinin ve petrol rezervlerinin azalmasının katkısı vardır [1]-[6]. Fosil yakıt kullanımından kaynaklı problemlerin yanı sıra, elektrikli araçlara yönelik olarak sunulan pil teknolojilerindeki olumlu gelişmeler de bu ivmelenmenin önemli pay sahiplerindedir [7]. Dünya çapında Honda, BMW, Renault, Tesla gibi önemli sektörel oyuncuların elektrikli araçlar üzerine yaptıkları çalışmalar ve piyasaya sürdükleri ürünlerin yanı sıra, Ülkemizin de son dönemde Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG) yapılanması altında sahneye çıkardığı elektrikli otomobil modeli, önümüzdeki süreçte

elektrikli araç sektörünün daha da hareketleneceğine dair ipuçları vermektedir.

Uzunca bir süredir, Tübitak bünyesinde gerçekleştirilen ve bir süre önce Teknofest Havacılık, Uzay ve Teknoloji Festivali'ne dahil edilen Efficiency Challenge Elektrikli Araç Yarışları, özellikle Ülkemiz Üniversiteleri arasında elektrikli araç teknolojileri üzerine bir farkındalık yaratılmasına neden olmuş, etkinliğe katılan takımlar, geliştirdikleri elektrikli araç modelleriyle birlikte, konu ile ilgili olarak önemli bir teknolojik bilgi birikiminin oluşmasına da vesile olmuştur. Yanı sıra, elektrikli araç şarj istasyonlarının Türkiye'nin dört bir yanında tesis edilmeye başlanması, konu ile ilgili kamuoyunda da ciddi bir farkındalık yaratmıştır. Artık Ülkemizdeki önemli otomobil markalarının bayi yerleşkelerinde, çeşitli elektrik dağıtım

*Yazışılan yazar/Corresponding author

şirketlerin merkez binalarının bulunduğu alanlarda, büyük alış-veriş merkezlerinin otoparklarında, hatta akaryakıt istasyonlarında bile, elektrikli araç şarj ünitelerine rastlanmaktadır. Bu ünitelerin birçoğu, toplumsal farkındalığı arttırmak anlamında, ücretsiz hizmet vermektedir. Gerek kamu kurumlarının, gerekse özel sektör kuruluşlarının yaptığı çalışmalarla, her geçen gün, elektrikli araçlara olan ilgi artmaktadır. Bu noktada, hayata geçirilen; Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Arttırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik (30762 sayılı Resmi Gazete), Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (27771 sayılı Resmi Gazete), İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik (25902 sayılı Resmi Gazete), Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (28759 Sayılı Resmi Gazete) gibi mevzuat değişiklikleri, Devletin elektrikli araç sistemlerine verdiği önemi göstermesi açısından da kayda değerdir.

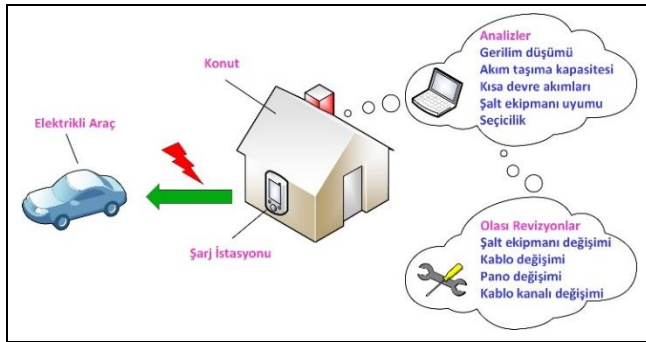
Elektrikli araçlar ile ilgili teknolojinin gelişmesiyle birlikte, bu türden araçların yakıtı olan elektrik enerjisinin de, tıpkı konvansiyonel yakıtla çalışan araçların benzin istasyonlarından benzin ve motorin ihtiyaçlarını gidermeleri gibi sağlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla, yavaş ve hızlı şarj yapan pek çok elektrikli araç şarj istasyon sistemi geliştirilmiştir. Ancak bu türden teknolojik gelişmeler, elektrik şebekesi üzerinde; voltaj stabilitesinde bozulma, pik yük talebinde artış, fliker olaylarında yükseliş, enerji kalitesinde bozulma, harmonik oluşumu gibi birçok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir [8]-[10]. Elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik dağıtım şebekelerine entegrasyonu enerji kalitesi yönünden incelendiği gibi, elektrik tesisatı yönünden de belirli incelemelerin yapılması ve regülasyonların oluşturulması gerekliliğini doğurmuştur. Das ve arkadaşlarının [11] yapılan çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonu kurulumlarının, elektrik dağıtım şebekesi üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Çalışmaya göre, mevcut elektrik dağıtım şebekeleri elektrikli araç şarj istasyonlarının entegrasyonu düşünülerek tasarlanmadığından, dağıtım şebekesine bu türden ekipman entegrasyonu beraberinde; yük profilinde ve dağıtım sistemi bileşen kapasitesinde değişim, elektrik tesisatının ve de özellikle transformatörlerin aşırı yüklenmesi, gerilim düşümü v.b. olumsuzlukları beraberinde getirecektir. Nour ve arkadaşları [12], elektrikli araç şarj istasyonlarının dağıtım şebekesi üzerindeki olumsuz etkilerini; enerji tüketimi pik değerinde artış, gerilim stabilitesinde bozulma, monofaze şarj istasyonları kaynaklı faz dengesizlikleri, harmonik enjeksiyonu, sistem bileşenlerinin aşırı yüklenmesi ve tabi ki güç kayıplarında artış beraberinde getirmektedir. Habib ve arkadaşlarına [13] göre, elektrik tesisat bileşenlerinin aşırı yüklenmesi, tesisat üzerinde termal zorlamaya neden olur. Bu da haliyle izolasyon delinmesine, arklara ve yangınla neticelenebilecek olumsuzluklar zincirinin oluşumuna zemin hazırlar. Aynı çalışmada; elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik dağıtım sistemine kayda değer ölçüde enjeksiyonunun, gerek dağıtım transformatörleri gerekse iletkenler açısından riskli bir yapılanma olduğuna, bu türden entegrasyonların ilgili tesisat ekipmanı üzerinde stresi artırıcı yönde etki ettiğine vurgu yapılmıştır. Elektrikli araç şarj istasyonlarının doğrusal olmayan çalışma karakteristikleri sistemde harmonik oluşumuna neden olmakta, bu da sigortalar, kablolar ve güç transformatörleri üzerinde aşırı yüklenmeye sebebiyet vermektedir [14],[15]. Gomez ve Morcos'a [14] göre, şarj istasyonlarının üretilen harmonik akımlar, tesisatın nötr iletkeninde aşırı ısınmaya neden olmaktadır. Bu da, faz iletken

kesitinin en az iki katına karşılık gelen bir nötr iletken kesiti ihtiyacını doğurmaktadır. Ayrıca, minyatür devre kesicilerin ve güç şalterlerinin termal davranışları ve kesme kapasiteleri/yetenekleri olumsuz yönde etkilenmekte, bu etkilenme derecesi, şerit yapı malzeme kullanılan sigortalarda, deri ve yaklaşım etkisi ile birlikte üst seviyelere çıkmaktadır. Bu nedenle, sigorta seçimlerinde azaltma faktörleri devreye girmektedir (bu da olması gerekenden daha büyük nominal akım değerine sahip sigorta seçimini gerekli kılar). Bir başka çalışmada, elektrikli araç entegre edilmiş konut tipi elektrik tesisatlarının, şebeke modunda TT-sistem (Ülkemizde de kullanılan alçak gerilim tesis tipi), elektrikli araç şarjı yapılırken IT-sistem olarak çalıştığı, sistemin TT moddayken elektriksel güvenlik açısından (özellikle de kaçak akım rölesinin güvenli bir şekilde devreye girmesi hususunda) analiz edilmesinin gerektiğine vurgu yapılmıştır [16]. Bütün bu çalışmalarda ortaya koyulan elektrik dağıtım sistemi üzerindeki olumsuzluklar, beraberinde, bu olumsuzlukların giderilmesi noktasında elektrik tesisat revizyonu ihtiyacını doğurmaktadır. Sistemdeki tüm iletken kesitleri tasarım akımı ve gerilim düşümü baz alınarak yeniden seçilmeli [17], sigorta ve devre kesiciler, yapılacak analiz neticesine göre daha yüksek kesme kapasitesine haiz uygun nominal akım değerlikli ekipmanla değiştirilmeli [17], 30 mA değerlikli A-tip kaçak akım röleleri kullanılmalı [18], transformatör/dağıtım panosu yük kapasiteleri ele alınmalı [18], tüm soketlerin koruma iletkenleri ile irtibatı sağlanmalı [19] ve herhangi bir hata durumunda nötr (N) ya da PEN iletkeni kesinlikle sistemden ayrılacak şekilde iki kutuplu (monofaze) ya da dört kutuplu (trifaze) devre kesici seçimi yapılmalıdır [20].

Ülkemizde henüz elektrikli araç şarj istasyonlarının enterkonnekte elektrik şebekesi üzerindeki etkilerine dair yeterli sayıda araştırma çalışması yapılmış değildir. Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği'nin (TEHAD) yaptığı araştırmaya göre [21], ülkemizde 11 firma şarj istasyonları ile ilgili yatırım çalışması yapmaktayken, 18 firma da bu istasyonların pazarlanması üzerine çalışmaktadır. 2019 yılı itibarıyla toplam şarj istasyonu sayısı da, 2011 yılına göre %3,780 artarak 15'ten 582'ye çıkmıştır. Bu durum, yerli elektrikli otomobil yatırımı ile birlikte, şarj istasyonlarının sayısının da katlanarak artacağını göstermektedir. Bununla birlikte, elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik dağıtım şebekesine entegrasyonu, istasyonların mevcut enerji kalitesi üzerindeki etkileri ile istasyon ilavesi yapılacak tesis parçalarında ortaya çıkabilecek revizyon ihtiyaçlarının araştırılması hususlarını da beraberinde getirmiştir. Ülkemizde süregelen en önemli sorunlardan birisi, mevcut elektrik tesisatı ile, bu tesisatı tanımlayan elektrik tesisat projeleri arasındaki uyumsuzluktur. Herhangi bir tesisinin inşası için oluşturulan elektrik tesisat projelerine, tesisin kurulumu esnasında ve işletme altında yapılan değişiklikler yansıtılmamaktadır. Bu durum, tesiste yapılacak kontrollerin, bakım-onarım faaliyetlerinin ve revizyonların, sağlıklı bir şekilde yerine getirilmesini mani olmaktadır. Yani sıra, tesis içerisinde yapılan her türlü elektrikli yük ilavelerinin, çoğunlukla tesisin güncel durumu gözetilmeden yapıldığı, gerek ana hat, gerekse yük linyelerinin akım taşıma kapasitelerinin kontrol edilmediği, kısa devre ve hata akımı analizlerinin yapılmadığı, seçicilik durumuna dikkat edilmediği, bu incelemeler yapılmadığından güç şalterlerinin termik ve manyetik ayarlarının tesis koşullarına uygun hale getirilmediği, şalt ekipmanının ya kör kalarak koruma yapamaz, ya da örneğin kaçak akım röleleri gibi, değişen ve yükselen işletme akımlarına

maruz kalıp hasar görerek işlevini yerine getiremez duruma geldiği bilinmektedir. Halk tabiriyle “elektrik kontağı” temelli yangınların bir çoğu, tesiste yük artışı neticesinde revize edilmeyen kablo ve iletkenlerin aşırı ısınarak izolasyon delinmesine maruz kalmasından vuku bulduğu, yadsınamaz bir gerçekliktir.

Bu çalışma, özellikle yukarıda bahsi geçen olumsuzluklara dikkat çekmek ve Ülkemizde hızla yayılma eğiliminde olan elektrikli araç şarj istasyonu kurulumlarının güvenli bir tesisat ortamında yapılmasını sağlamak, bu konuda bir farkındalık yaratmak ve Ülkemiz dahilinde kurulması planlanan elektrikli araç şarj istasyonu kurulum şartlarının belirlenmesi amacıyla ilgili teknik regülasyonların hazırlanmasını teşvik etmek amacıyla hayat geçirilmiştir. Çalışma, Şekil 1’de sunulan omurga çerçevesinde, Giriş bölümü dahil toplamda altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, elektrikli araç şarj istasyonu piyasasında kullanılan istasyon tipleri ele alınmış, üçüncü bölümde ise, şarj istasyonu tesis kriterleri üzerinde durulmuştur. Çalışma kapsamında, elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik tesisat omurgası üzerindeki etkileri, örnek bir tesis üzerinden incelenmiştir. Bu amaçla; Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) Kınıklı Kampüsü’nde yer alan ve detayları dördüncü bölümde verilen Temiz Enerji Evi’ne, Siemens Simaris ortamında trifaze enerji beslemeli IEC/EN 61851 (Standart for Electric Vehicle Conductive Charging System) ve IEC/EN 62196 (Standart for Plugs, Socket-Outlets, Vehicle Connectors and Vehicle Inlets-Conductive Charging of Electric Vehicles) standartlarında yapılandırılmış, dahili ve harici kullanıma uygun bir duvar tipi elektrikli araç şarj ünitesi entegre edilmiş, tesis, elektrikli araç şarj ünitesi entegrasyonu öncesi ve sonrasında, yine Simaris (Ver. 9.2.0) ortamında beşinci bölümde açıklandığı şekilde analiz edilerek (gerilim düşümü, akım taşıma kapasitesi, seçicilik, şalt ekipmanı tip ve değerleri ile kısa devre hesapları yönünden), elde edilen sonuçlar (şalt ekipmanı, kablo değişim ihtiyacı vb.) altıncı ve son bölümde irdelenmiştir.



Şekil 1. Sistem yapısı, analiz tipleri ve olası revizyon ihtiyaçları.

Figure 1: System structure, analysis types, and possible revision needs.

2 Elektrikli araç şarj sistemleri

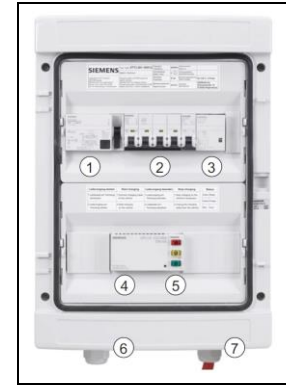
Elektrikli araç şarj sistemleri, temelde üç yapı şeklinde konumlandırılır: Duvar Kutusu (Wall Box), Şarj Sütunu (Charging Station) ve Uydu Sistemi (DC Fast Charging Station) [22].

Duvar Kutuları (Şekil 2), 16 A ya da 32 A nominal besleme akımına sahip, alternatif akım (AC) monofaze ya da trifaze beslemeli, IP44 ve IP54 koruma sınıfına haiz, kablo monteli şarj üniteleridir. Bu üniteler, dahili ve harici kullanıma müsaittir. Genellikle evlerde, bina dışına ve de binanın duvarına monte

edilerek kullanılır, Bina elektrik dağıtım panosunda, elektrik sayacından hemen sonra tesis edilir. Bünyelerinde şalt ekipmanı olarak; kaçak akım koruma rölesi (RCCB, 30 mA), minyatür devre kesici (MCB) ve kontaktör yer alır. Bunların dışında, şarj akımının ve geriliminin istenilen seviyede olabilmesi için bir de Şarj Kontrol Ünitesi yer alır [23].



(a)



(b)

Şekil 2. Siemens 5TT3 201-1KK33 elektrikli araç şarj ünitesi; (a): Kablolu genel görünüm. (b): Ünite kısımları: (1): Kaçak akım rölesi, (2): Minyatür devre kesiciler, (3): Kontaktör, (4): Şarj kontrol ünitesi, (5): Durum ledleri, (6): Tesis bağlantı kablosu, (7): Şarj kablosu bağlantısı [23].

Figure 2. Siemens 5TT3 201-1KK33 charge unit; (a): General view, (b): Unite parts: (1): Residual current device, (2): Miniature circuit breakers, (3): Contactor, (4): Charge control unit, (5): Status leds, (6): Electricity line connection cable, (7): Charge cable [23].

Şarj Sütunları (Şekil 3), trifaze şarj işlemi için (giriş gerilimi AC 400 V/50 Hz) üretilmiştir. Ancak opsiyonel monofaze soket (3.7 kVA) ile de kullanılabilir. Tek bir şarj sütunu, aynı anda iki ayrı elektrikli araç şarj edebilmekte (2 x 22 kVA), böylelikle hem zamandan hem de kurulum ve bakım maliyetlerinden de tasarruf sağlanmaktadır. Cihaz bünyesinde akıllı şebeke kontrolü için entegre bir GPS/GPRS anteni, şarj ünitesi, şalt ekipmanları (2 x RCCB, 30 mA, TipA, 10 kA) ve elektrik sayacı yer almaktadır [22].



Şekil 3. Siemens CP500A şarj sütunu [22].

Figure 3. Siemens CP500A charging station [22].

Uydu Sistemleri (Şekil 4), bir saatten daha az şarj süresi ihtiyacı olan ve hızlı şarj diye de tabir edilen dış ortam doğru akım (DC) şarj uygulamaları için üretilmiştir. Bu sistemler ile elektrikli araçların şarj süresi, genellikle 15-30 dk. arasındadır. Bu tür şarj sistemlerde C-tip bağlantı yapılanması vardır. Bu tip bir bağlantı yapılanması, şarj kablusunun ve araç soketinin, şarj istasyonu üzerinde sabit montajlı olduğu anlamına gelir. IGBT ile oluşturulan bu tür şarj istasyonları, DC şarj için üretilmiştir. Bünyesinde şebeke besleme noktası ile DC şarj ünitesi arasında elektriksel izolasyonu sağlayan HF izolasyon transformatörü ile harmonik filtrasyon ünitesi mevcuttur. Sistem, GSM/GPRS üzerinden akıllı şebeke sistemine de entegre edilebilir [22].



Şekil 4. Siemens 450 kW uydu sistem şarj istasyonu [24].

Figure 4. Siemens 450 kW DC fast charging station [24].

3 Şarj sistemleri tesis kriterleri

Elektrikli araç şarj istasyonları, ister AC, ister DC, isterse AC/DC şarj istasyonu olsun, çoğunlukla (off-grid sistemler hariç) enterkonnekte elektrik şebekesine bağlı olarak çalışırlar. Bu birliktelik, beraberinde elektrik şebekesi üzerinde bir takım anomalilere de yol açar. Bu anomaliler; harmonik oluşumu, gerilim ve frekans salınımı, gerilim düşmesi/yükselmesi, anlık kesintiler v.b. şeklinde kendini gösteren enerji kalitesini bozucu olumsuzluklardır.

Öncelikle belirtmek gerekir ki, elektrikli araç şarj istasyonlarının bağlı oldukları elektrik şebekesi üzerindeki etkileri ve bu etkilerin boyutları; elektrik araç şarj istasyonu sayısına, gücüne, elektrikli araç sayısına ve bunlarla ilintili olarak şarj işlemi sıklığına bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. Tüm bu unsurlar bir arada değerlendirilerek, elektrikli araç şarj istasyonlarının belirli standartlar dahilinde işletilmesi ihtiyacı doğmuştur. Elektrikli araç şarj istasyonları ile ilgili standardizasyon, temelde üç ana yapıda ele alınır; şarj ekipmanı standardizasyonu, elektrikli araç şebeke entegrasyonu kriterleri ve güvenlik standartlarının belirlenmesi [11]. Bahsi geçen standardizasyon yapılarının ortak hedefi; kullanıcı güvenliğinin yanı sıra, elektrik şebekesinin arz güvenliğinin sağlanmasıdır.

Elektrik şebekesinin arz güvenliğini, tüketicilere ulaştırılan elektrik enerjisinin kalitesi belirler. Enerji kalitesini bozucu her etken, şebekede stabilitenin bozulmasına ve hatta günlerce sürebilecek enerji kesintilerine yol açabilir. Elektrikli araç şarj istasyonlarının mevcut elektrik şebekesine entegrasyonu, bahsi geçen problemleri daha artırıcı yönde etki edebilir. Bu nedenle, elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik şebekesine entegrasyonu, belirli kurallar çerçevesinde yapılır. Ülkemizde bu anlamda uygulanan standartların birçoğu, International Electrotechnical Commission (IEC) tarafından yayınlanmış regülasyonlardır. IEC tarafından elektrikli araç şarj istasyonları ile ilgili yayınlanan standartlar; "IEC61851 Electric Vehicle Conductive Charging Systems", "IEC61980 Electric Vehicle Wireless Power Transfer (WPT) Systems" ve "IEC62196 Plugs, Socket-Outlets, Vehicle Connectors, and Vehicle Inlets - Conductive Charging of Electric Vehicles" şeklindedir [11],[25]. Tüm bu standartlar, elektrikli araç şarj istasyonlarının ve bu yapılara ait yan donanımın bünyelerinde barındırmaları gereken teknik yeterlilikleri belirten regülasyonlardır. Bu standartlara bütünüyle uyulmak kaydıyla, şebekeye entegre edilecek şarj istasyonlarının kullanıcılar tarafından kolay ulaşılabilir olan [26] stratejik noktalara tesisi [27], mümkün olduğunca düşük maliyetli kullanımı [28], şarj kapasitelerinin tesis edilecekleri lokasyondaki araç sayılarına göre yeterli düzeyde olması [29], şarj istasyonları yoğunluk saatlerinin tespiti ve planlanması [30], istasyonların hızlı şarj özelliğinin bulunması [31]-[34], şebekede gerilim stabilitesini bozucu etkiye sebebiyet vermemeleri [35], farklı şarj tiplerine sahip olmaları [36] gibi hususların da karşılanması gerekmektedir.

İlgili gereklilikler yerine getirilse bile, şarj istasyonunun tesis edileceği şebeke bölümünde, hali hazırda mevcut olan elektrik tesisat alt yapısının revizyonu ihtiyacı doğabilmektedir. Örneğin, elektrikli araç şarj istasyonunun entegre edileceği şebeke bölümü bir dağıtım panosu ise, dağıtım panosunda mevcut sigorta, devre kesici, güç şalteri gibi şalt ekipmanının daha farklı boyut ve tipte ekipman ile değişimi, kablo kesitlerinin yükseltilmesi, pano boyutlarının büyütülmesi gibi alt yapı revizyon ihtiyaçları ortaya çıkabilmektedir.

Bu noktada yapılması gereken, mevcut tesise ait elektrik alt yapısının, detaylı bir şekilde analizidir. Bunun için, öncelikle mevcut tesisin güncel elektrik tesisat projesi ve yük durumu detaylı bir şekilde ele alınmalıdır. Sonrasında, elektrik tesisat projesi baz alınarak, uygun bir yazılımda tesisin mevcut durumu ile elektrikli araç şarj istasyonu tesisi sonrası durumu; gerilim düşümü, kabloların akım taşıma kapasitesi, seçicilik, tek ve üç kutuplu kısa devre akımları gibi veriler üzerinden incelenmelidir. İrdelenmesi gereken tüm bu hususlar, takip eden bölümlerde, örnek bir tesis üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır.

4 Örnek tesis

Elektrikli araç şarj istasyonu entegrasyonunun benzetim çalışması, Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) Kınıklı Kampüsü içerisinde yer alan, Temiz Enerji Evi (TEE) baz alınarak yapılmıştır. TEE, 2007 yılında faaliyete geçmiş bir tesistir. Tesiste; çatı üstü montajlı, toplam modül gücü 2.50 kW olan şebeke bağlantı bir fotovoltaik enerji üretim sistemi (Şekil 5), pasif izleyiciler üzerinde konuşlu toplam gücü yine 2.50 kW olan şebekeden bağımsız bir fotovoltaik enerji üretim sistemi (Şekil 6) yer almaktadır.



Şekil 5. Çatı montajlı fotovoltaik modüller.
Figure 5. Rooftop mounted photovoltaic modules.



Şekil 6. İzleyicilerin üzerinde konuşlu fotovoltaik modüller.
Figure 6. Tracker mounted photovoltaic modules.

Şebekeden bağımsız sistem; şebeke bağlantılı sistem devre dışı bırakılmadan, bağımsız linyelerden AC ve DC yüklerin beslenmesi, böylelikle deneysel çalışmaların ve eğitim-öğretim faaliyetlerinin yürütülmesi amacıyla tesis edilmiş olup, bu sistem ayrıca toplam DC çıkış gücü 2.40 kW olan iki adet Proton-Exchange Membrane (PEM) tipi yakıt pili ile de desteklenmiştir. Tesis TT tip alçak gerilim elektrik dağıtım sistem prensibine göre kurulmuştur. Tesis kurulumu esnasında temel topraklama sisteminin oluşturulmadığı bilinmektedir. TT-sistem gerekliliklerini yerine getirmek üzere, tesisin işletmeye alınması sonrasında halka topraklama düzeneği kurularak, tesisteki tüm metal aksam (yıldırım iniş iletkenleri hariç) monte edilen eş potansiyel dengeleme barasına irtibatlanmıştır.

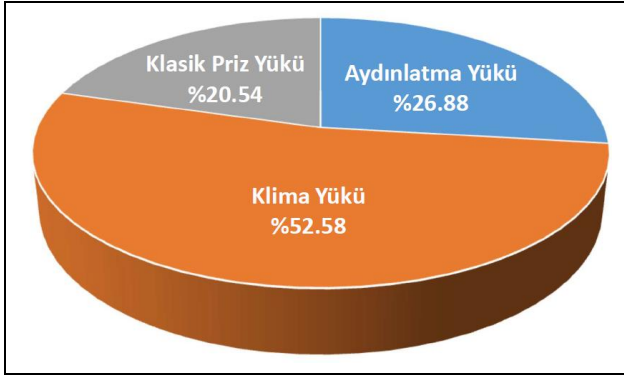
TEE'de, Tablo 1'de detay bilgileri verilen, toplam 11,200 W gücünde fiili kullanımda aktif yük bulunmaktadır. Tesisteki yük profilinin 3,010 W'ı aydınlatma, 8,190 W'ı ise priz yükünden oluşmaktadır. Tesiste, toplamda on bir adet bağımsız linye mevcuttur. Tablo 1'de yer alan 1-5 No.lu linyeler aydınlatma, 6-11 No.lu linyeler ise priz linyelerini temsil etmektedir. Priz linyelerinin önemli bir bölümünü (linye No: 6-9), klima linyeleri oluşturmaktadır. Verilen yük profilinin tamamı, aynı anda devrede olabilmektedir. Bu nedenle, bahsi geçen tesis için eşzamanlılık faktörü 1 alınmıştır.

Tablo 1. Tesisteki linyelerin yük dağılımı.

Table 1. Loads for feeders.

Linye No.	Tesis Bölümü/Yük Tipi	Yük Detay Bilgisi	Linye Gücü (W)
1	Vakum Soğutma Laboratuvarı/ Aydınlatma	Üç adet, her biri 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte her biri 135 W gücünde.	675
	Ofis #1/Aydınlatma	İki adet, her biri 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte her biri 135 W gücünde.	
	Mutfak/Aydınlatma	Bir adet 4x18 W'lık floresan armatür; balastı ile birlikte 135 W gücünde.	
2	WC / Aydınlatma	İki adet kompakt floresan lamba; her biri 20 W gücünde.	445
	Ofis #2/Aydınlatma	İki adet, her biri 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte her biri 135 W gücünde.	
3	Koridor/Aydınlatma	Dört adet, her biri 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte her biri 135 W gücünde.	540
4	Ana Laboratuvar/Aydınlatma Kısım-1	Altı adet 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte 135 W gücünde.	810
5	Ana Laboratuvar/Aydınlatma Kısım-2	Dört adet 4x18 W'lık floresan armatürler; balastları ile birlikte 135 W gücünde.	540
6	Ana Laboratuvar / Priz Linyesi	Monofaze Split Klima	2,210
7	Vakum Soğutma Laboratuvarı / Priz Linyesi	Monofaze Split Klima	1,400
8	Ofis #1/Priz Linyesi	Monofaze Split Klima	1,400
9	Ofis #2/Priz Linyesi	Monofaze Split Klima	880
10	Mutfak/Priz Linyesi	Bir adet 1,500 W gücünde Su Isıtıcısı, bir adet 300 W gücünde Buzdolabı	1,800
11	Diğer Priz yükü	Bilgisayar, yazıcı vb.	500

TEE yük dağılım karakteristiği, Şekil 7'de sunulmuştur. TEE'deki AC yüklerin tamamı monofaze karakteristiktir ve ağırlıklı olarak (%73.12) priz yükünden oluşmaktadır. Priz yükü, klasik priz yüklerinden (su ısıtıcı, bilgisayar, yazıcı v.b.) ve klima yükünden oluşmaktadır. 11,200 W'lık kurulu gücün %26.88'ini aydınlatma yükleri oluşturmaktadır (Şekil 7). Aydınlatma armatürleri ağırlıklı olarak klasik floresan lambalı olup, tesiste kompakt floresan tipte lambalı armatürler de mevcuttur. Linye detaylarının yer aldığı tesise ait elektrik tek hat şeması, bir sonraki bölümde sunulmuştur.



Şekil 7. Örnek tesis için, fiili yük dağılım grafiği.
Figure 7. Load profile for sample facility.

5 Sistem benzetimi.

TEE'nin mevcut durumu dikkate alınarak, bu tür bir tesise elektrikli araç şarj istasyonu entegrasyonu halinde oluşabilecek revizyon ihtiyaçlarını benzetim yoluyla gözlemleyebilmek, elektrikli araç şarj istasyonu kurulmadan önce alınması gereken tedbirleri ve şalt ekipmanı değişim ihtiyaçlarını belirleyebilmek amacıyla, Şekil 8'de görülen elektrik tek hat şeması üzerinde inceleme yapılmıştır.

Şekil 8'deki tek hat şeması, Siemens'in alçak gerilim elektrik tesislerinin benzetimi amaçlı oluşturduğu Simaris (Ver. 9.2.0) ortamında hayata geçirilmiştir. Simaris; alçak gerilim elektrik tesislerindeki gerilim düşümü, akım taşıma kapasitesi, kısa devre hesapları, seçicilik gibi kavramların incelenmesi olanağını vermektedir [37].

Şekil 8 oluşturulurken, Tablo 1'deki linyeler ve bu linyelerin güçleri dikkate alınmıştır. Tesisteki fotovoltaik sistem, Simaris yazılımının gereği olarak, enterkonnekte şebeke ile birlikte, tek bir kaynak olarak (bütünlük kaynak havuzu) gösterilmiştir.

TEE, ulusal enterkonnekte şebekeye PAÜ Fen-Edebiyat Fakültesi ana panosu üzerinden bağlanmaktadır. İlgili ana panoda yer alan 100 A değerli güç şalteri (MCCB) üzerinden, TEE'nin yanı sıra, kampüs içi değişik tip ve güçte yükler (çevre aydınlatması, Toprak Enerjili Isı Evi vb.) beslenmektedir.

TEE'ye entegre edilen elektrikli araç şarj istasyonu, Şekil 8'deki tek hat şeması üzerinde, kırmızı çerçeve içerisinde verilmiştir. Bu noktada öncelikle, Simaris kütüphanesinden seçilerek benzetime entegre edilen, elektrikli araç şarj istasyonu modeli üzerinde durulmuştur.

Seçilen şarj istasyonu (Şekil 2), Simaris kütüphanesinde bulunan ve Duvar Kutusu (16-32 A) olarak adlandırılan istasyon tipidir. Simaris kütüphanesindeki şarj istasyonları ile ilgili kısma ulaşıldığında, Duvar Kutusu'nun yanı sıra, Şarj sütunu (40-80 A) ve Uydu Sistemi (40-125 A) isimli şarj istasyonu modelleri de seçilebilmektedir.

Bu türden şarj istasyonları ile ilgili bilgi, Bölüm 2'de sunulmuştur. Bu şarj istasyonları içerisinde, kurulu gücü itibarıyla en düşük güce sahip olan (TEE kurulu gücü ile de uyumlu olacak şekilde) Duvar Kutusu şarj istasyonu modeli seçilmiştir.

Simaris yazılımı dahili kütüphanesindeki bilgiye göre (Tablo 2) Duvar Kutusu; personel koruması entegre edilebilen, IP44 (1 mm'den büyük katı cisimlere ve sıçrayan suya karşı korumalı) ve IP54 (toza ve sıçrayan suya karşı korumalı) koruma sınıflarına sahip, kamusal olmayan (özel) uygulamalar için tasarlanmış, kablolu şarj bağlantısı mevcut olan bir yapıdır.

Tablo 2. Simaris kütüphanesinde yer alan şarj istasyonu modellerinin özellikleri.

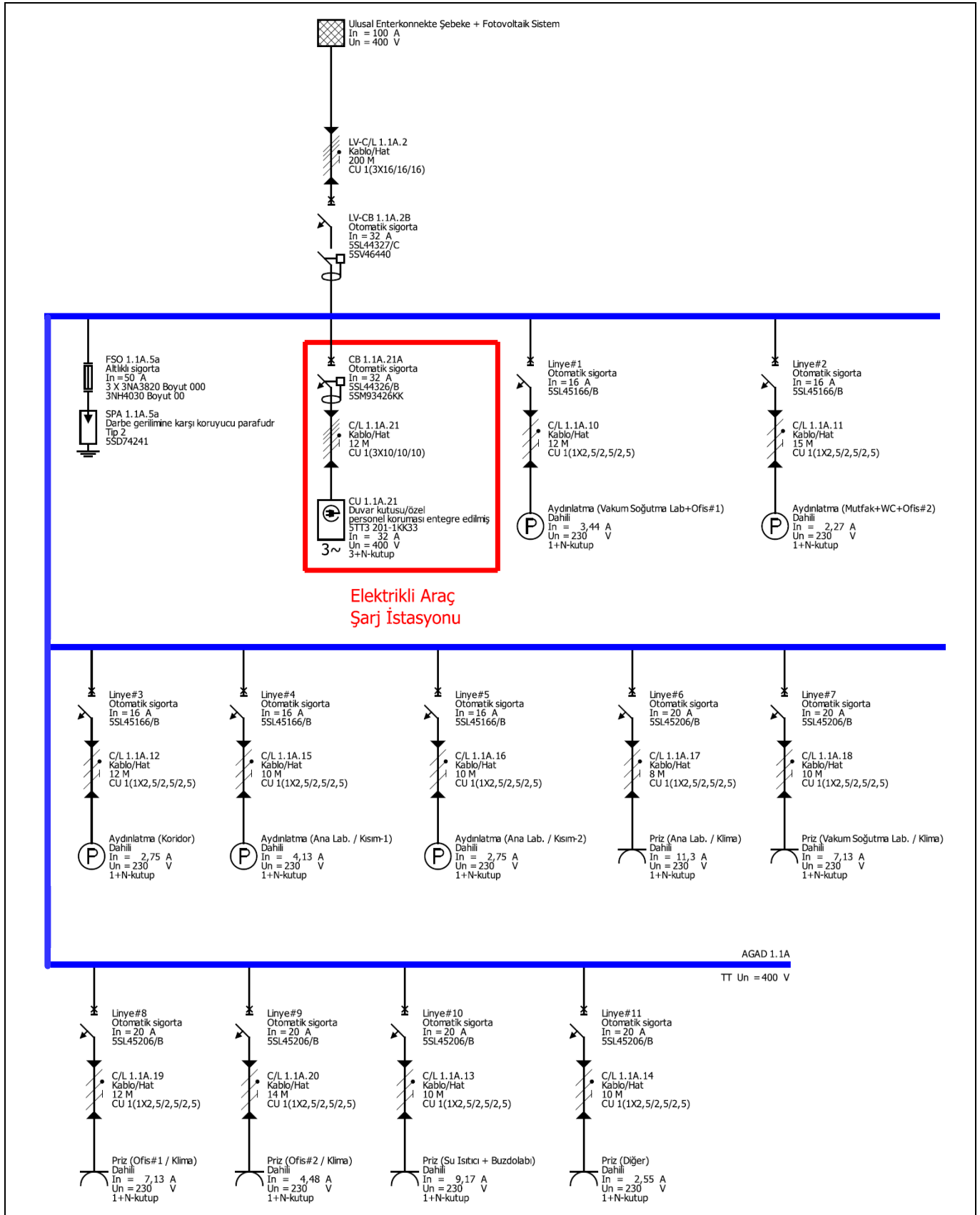
Table 2. Technical data of charging stations in Simaris library.

Cihaz Tipi	Nominal Besleme Akımı (A)	Koruma Türü	Uygulama Türü	Şarj Bağlantısı
Duvar Kutusu	16-32	Opsiyonel Personel Koruma ve IP44, IP 54	Özel	Kablo Monteli
Şarj Sütunu	40-80	Personel Koruma ve IP44	Kamusal	Priz
Uydu Sistemi	40-125	Personel Koruma ve IP 54	Kamusal	Priz

Duvar kutusu, Şekil 8'e göre, B-tip nominal akım değeri 32 A olan, 10 kA kısa devre kesme kapasitesine sahip 4 kutuplu MCB ile, 32 A nominal akım değerine sahip, 30 mA kaçak akım algılama özellikli, 4 kutuplu bir RCCB tarafından korunmaktadır. Besleme linyesi ise, 12 m uzunluğunda, kablo kanalı içerisinde döşenmiş vaziyette, 5x10 mm² NYY tip çok damarlı kablodan oluşmuştur. Duvar Kutusu tip elektrikli araç şarj istasyonu kapasitif özellikte olup, ekipman güç katsayısı (cosφ) 1 olarak belirtilmiştir.

5.1 Gerilim düşümü ve akım taşıma kapasitesi yönünden inceleme

Seçilen Duvar Kutusu tipindeki elektrikli araç şarj istasyonunun aktif gücü, Simaris kütüphane verisine göre 22.2 kW'tır. Simaris'te yapılan analizlere, öncelikle tesisin gerilim düşümü kontrolü yapılarak başlanmıştır. Duvar Kutusu'nun tesis edilmesiyle birlikte elde edilen gerilim düşümü değerleri, tesisin mevcut ana hat beslemesini yapan 5x16 mm² NYY tip kablo için Tablo 3'te sunulmuştur. İlgili kesitteki kablo için elde edilen gerilim düşümü değeri, TEE'nin de içerisinde yer aldığı yapı kümesini besleyen 1,600 kVA (31.5/0.4 kV) değerli transformator ünitesi ile yapı bağlantı kutusu (YBK) arasında %5.68'dir. Bu gerilim düşümü değeri, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği madde 57/a/3/ii'de belirlenen %5'lik limit değerinin [38] üzerindedir. Gerek Duvar Kutusu gerekse on bir adet linyenin her birinin ayrı ayrı YBK ile aralarındaki gerilim düşümü değerleri ise, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği madde 57/a/3/i'ye göre, aydınlatma ve priz devreleri için belirlenen limit değerinin (%1.5) [38] altında tespit edilmiştir (Tablo 3). Dolayısıyla Duvar Kutusu veya linyelerin besleme hatlarında, herhangi bir kesit değişimi ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu noktada, transformator-YBK arası besleme hattı, bir üst kesit olan 5 x 25 mm² NYY tip kablo ile değiştirilerek benzetim yeniden yapılmış, neticede ana hat gerilim düşümü %3.67 şeklinde elde edilerek, limit değerinin altına çekilmiştir.



Şekil 8. TEE'ye ait elektrik tek hat şeması Simaris görünümü.
Figure 8. Simaris view of electric single-line schema of the CEH.

Tablo 3. Tüketim noktaları bazında gerilim düşümü değerleri.

Table 3. Voltage drop values for energy consumption points.

Gerilim Düşümü Analiz Bölgesi	$s = 16 \text{ mm}^2$ için Gerilim Düşümü (%)	$s = 25 \text{ mm}^2$ için Gerilim Düşümü (%)
Transformatör-YBK Arası	5.68	3.67
YBK-Duvar Kutusu Arası		0.35
YBK-1 No.lu Linye Arası		0.26
YBK-2 No.lu Linye Arası		0.21
YBK-3 No.lu Linye Arası		0.20
YBK-4 No.lu Linye Arası		0.26
YBK-5 No.lu Linye Arası		0.17
YBK-6 No.lu Linye Arası		0.56
YBK-7 No.lu Linye Arası		0.44
YBK-8 No.lu Linye Arası		0.53
YBK-9 No.lu Linye Arası		0.39
YBK-10 No.lu Linye Arası		0.57
YBK-11 No.lu Linye Arası		0.16

YBK'ya gelen ana hattın nominal işletme akımı, Simaris analizinde 51.4 A olarak elde edilmiştir. Ana hat üzerindeki 25 mm² kesitli kablunun akım taşıma kapasitesi ise, 82 A'dir. Kablo kesiti, akım taşıma kapasitesi yönünden uygundur. Benzetim sonuçlarına göre, 10 mm² kesitli Duvar Kutusu'nun işletme akımı 32 A'dir. Aynı sonuçlara göre kablunun akım taşıma kapasitesi 57 A olduğundan, kapasitif karakteristikli bu yük için ($\cos\phi = 1$) besleme kablo kesiti uygun bulunmuştur. Sistemdeki diğer linyelerin kesitleri 2.5 mm²'dir. Benzetim sonuçlarına göre en yüksek linye akımına 11.3 A ile 6 No.lu linye sahiptir. Simaris kütüphane bilgilerine göre, 2.5 mm² kesitli kablo 27 A akım taşıyabildiğinden, linyelerin besleme hattı kablolarının kesitleri de uygundur.

5.2 Şalt ekipmanı yönünden değerlendirme

Simaris yazılımı, kurulan tek hat şemasında oluşan anomalileri, anomalinin olduğu tesisat bölümünü işaret eder şekilde verebilmektedir. Analizin yapılması ile birlikte, tesiste dört ayrı önemli problem tespit edilmiştir. Bu problemler, şu şekilde sıralanabilir:

- ✓ YBK önünde tesis edilen 32 A'lik minyatür devre kesicinin, ana hattın çekilecek 51.4 A'lik akım için uygun olmaması,
- ✓ YBK önünde tesis edilen 40 A'lik kaçak akım rölesinin, ana hattın çekilecek 51.4 A'lik akım için uygun olmaması,
- ✓ Duvar Kutusu minyatür devre kesici değerinin, şarj akım değeri olan 32 A'e eşit olması.

Bu noktada, mevcut tesisin ana hattını aşırı yük ve kısa devreye karşı koruyan minyatür devre kesici ile aynı hattaki toprak hatasına karşı koruma yapan kaçak akım rölesinin, 51.4 A'den daha yüksek nominal akım değerlerine sahip eşdeğerleri ile (63 A değerli) değiştirilmesi yoluna gidilmiştir. Duvar Kutusu'nu besleyen hat üzerindeki minyatür devre kesici de, 40 A'lik eşdeğeri ile değiştirilmiştir.

Bu değişikliklerin yapılmasına müteakip, tesiste başka bir olumsuzluk daha tespit edilmiştir. Ana hat üzerindeki MCB, herhangi bir kısa devre durumunda açma yaparak hattı korur. Ancak bu açma süreci dahilinde (ort. 1 sn.), hat üzerinde yer alan RCCB'nin, arızanın (kısa devre) temizlenme sürecini hasar görmeden geçirmesi esastır. Burada belirleyici olan; kısa devre akımının değeri ve de kısa devre akımına ekipmanın maruz kalma süresidir. İkisi birlikte $I^2.t$ değeri (şalt ekipmanı üzerinde

oluşan enerji) olarak tanımlanır. Her bir şalt ekipmanının, üretici firma tarafından belirlenmiş bir $I^2.t$ değeri vardır. Bu tesiste kullanılan RCCB için $I^2.t$ değeri, 70 kA².s'dir [39],[40]. Yapılan Simaris Curves analizinde, tesisteki mevcut C-tip MCB için $I^2.t$ değeri 124.37 kA².s olarak elde edilmiş olup, bu enerji, aynı zamanda RCCB üzerinde de oluşacağından, ekipmanın hasar görmesine neden olabilecektir. 63 A B-tip MCB kullanımı halinde ise, $I^2.t$ değeri 73.59 kA².s olarak gerçekleşecektir. Bu değer, yazılım tarafından uygun bulunmuş olup, bu bağlamda, 630 A kısa devre akımında açma yapan 63 A C-tip MCB'nin aynı değerlikli ancak 315 A kısa devre akımında açma yapan B-tip MCB ile değiştirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu değişiklikte birlikte analiz, sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır.

5.3 Tesiste oluşan kısa devre akımlarının değerleri

Simaris analizi, inceleme yapılan tesiste bara ve pano bazında oluşan kısa devre akımlarını da sunmaktadır. Bu akım değerleri, özellikle tesiste kullanılan şalt ekipmanının uygunluğuna dair önemli bir fikir vermektedir. Şalt ekipmanının kısa devre halindeki açma akımı değeri, tesisin ilgili bölümünde oluşması muhtemel tek kutuplu kısa devre akımının minimum değerine eşit ya da bu değerden küçük olmalıdır.

Tesiste yapılan analizde, kullanılan MCB'lerin tamamının kısa devre açma akımları, tesis edildikleri noktada oluşması muhtemel tek kutuplu kısa devre akımı minimum değerinden küçük çıkmıştır (Tablo 4). Bu durumda, oluşması muhtemel kısa devre akımları, daha minimum değerlerine ulaşmadan, ilgili MCB tarafından kesilecektir.

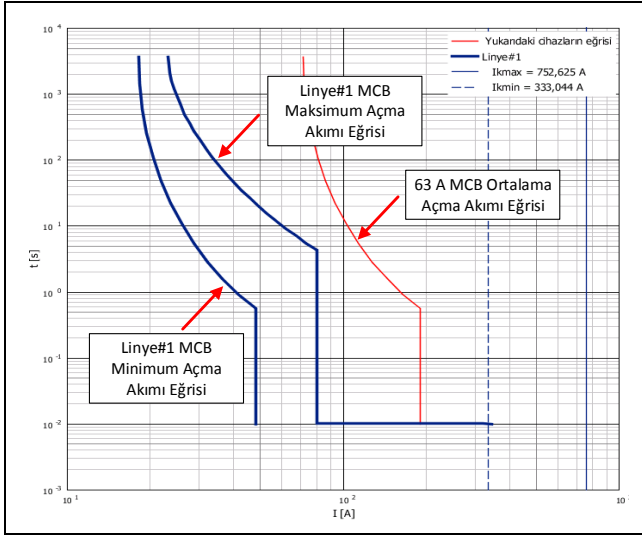
Tablo 4. Tesiste oluşması muhtemel kısa devre akımları ile şalt ekipmanı uygunluk bilgileri.

Table 4. Possible short-circuit currents to occur in the electrical installation and switchgear equipment compliance information.

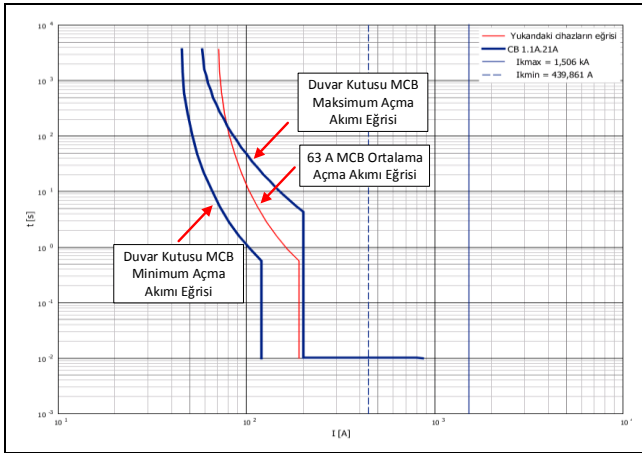
MCB Tek Hat Tesis Kodu ve Tipi	MCB Nominal Akımı (A)	MCB Açma Akımı (A)	İlgili Bölüm Kısa Devre Akımı Min.-Maks. (A)	MCB Uygunluk Durumu
LV-CB				
1.1A.2B B-tip	63	315	493 - 1,506	Uygun
CB 1.1A.21A B-tip	40	200	440 - 1,333	Uygun
Linye#1, #3, #8; B-tip	16	80	333 - 496	Uygun
Linye#2 B-tip	16	80	308 - 457	Uygun
Linye#4, #5, #7, #10, #11 B-tip	16	80	352 - 526	Uygun
Linye#6 B-tip	16	80	374 - 560	Uygun
Linye#9 B-tip	16	80	316 - 469	Uygun

5.4 Seçicilik incelemesi

Bir elektrik tesisi için seçicilik, kısa devrenin olduğu linyeyi koruyan şalt ekipmanının açma yapması, buna karşın, ana hat üzerindeki şalt ekipmanının tesisi beslemeye devam etmesi şeklinde elde edilir. Böylelikle, herhangi bir arıza oluşmamış linyelerin enerjilendirilmesine devam edilir. Tesisin Simaris benzetimi sonucu elde edilen grafikler, Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. 63 A MCB ve Linye#1 MCB açma eğrileri.
Figure 9. Tripping curves for 63 A and Line#1 MCBs.



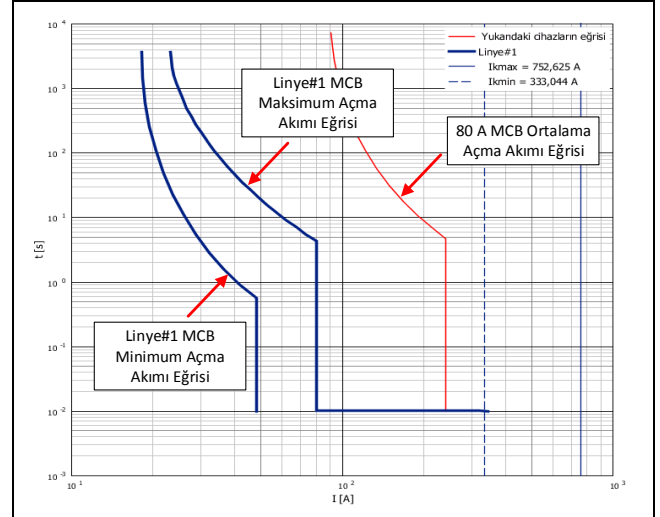
Şekil 10. 63 A MCB ve Duvar Kutusu MCB açma eğrileri.
Figure 10. Tripping curves for 63 A and Wallbox MCBs.

Şekil 9'daki grafik, tesis ana besleme hattı üzerindeki 63 A nominal akım değerine sahip B-tipi MCB'nin ortalama açma akımı eğrisi ile, Linye#1'i koruyan 16 A nominal akım değerine sahip B-tip MCB'nin minimum ve maksimum açma akımı eğrilerinden oluşmaktadır. İlgili grafik incelendiğinde; Linye#1 üzerinde kısa devre oluşması halinde, öncelikle Linye#1'i koruyan B-tip 16 A MCB'nin açma yapacağı görülmektedir. Bu durumda, ana hat ile Linye#1 MCB'leri seçicilik açısından uyumludur. Benzer durum, Linye#2-Linye#11 için de tespit edilmiştir.

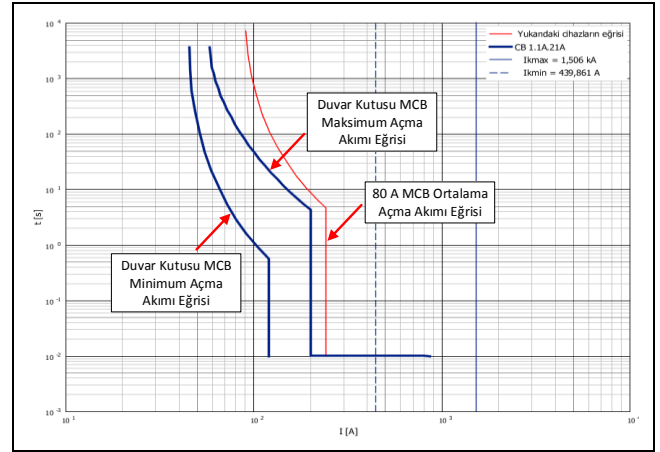
Bununla birlikte, aynı tespit, Duvar Kutusu linyesi için söz konusu değildir. Şekil 10'daki grafikler incelendiğinde, ana hat MCB'si ile Duvar Kutusu linyesini koruyan B-tip 40 A MCB'nin açma eğrilerinin çakıştığı, seçiciliğin bu iki ekipman arasında sağlanmadığı görülmektedir. Duvar Kutusu besleme hattında oluşacak herhangi bir kısa devre halinde, hem ana hat hem de Duvar Kutusu MCB'lerinin aynı anda açma yapması söz konusu olabilecektir.

Bu noktada, Simaris tek hat şemasında, ana hat MCB ekipmanı üzerinde çalışılmıştır. Mevcutta, ana hat MCB'si; B-tip/63A/4P/10 kA (Kod No: 5SL44636), kaçak akım rölesi (RCCB) ise; 63 A/300 mA/4P/AC (kod no: 5SV46460) özellikte idi.

Ana hat üzerindeki şalt ekipmanı ile seçicilik sağlanmadığından, mevcut MCB'nin ve RCCB'nin, seçicilik sağlanacak şekilde farklı değerlikli ekipman ile değiştirilmesi gerekmektedir. Simaris kütüphanesinde, çok sayıda şalt ekipmanı bulunmaktadır. Bu noktada mevcut grubun; bir üst değerde olan B-tip / 80 A / 4P / 10 kA (kod no: 5SP44806) MCB ve 80 A / 300 mA / 4P / AC (kod no: 5SV46470) RCCB ile değişimi yoluna gidilmiştir. Böylelikle, daha önceden mevcut olan Linye#1 - Linye#11'deki seçicilik uygunluğu devam etmiş (Şekil 11), ilaveten ana hat ile Duvar Kutusu linyesi arasında da seçicilik sağlanmıştır (Şekil 12).



Şekil 11. 80 A MCB ve Linye#1 açma eğrileri.
Figure 11. Tripping curves for 80 A and Line#1 MCBs.



Şekil 12. 80 A MCB ve Duvar Kutusu MCB açma eğrileri.
Figure 12. Tripping curves for 80 A and Wallbox MCBs.

6 Tartışma ve sonuç

Elektrik tesisleri karmaşık yapılar gibi görünse de; yeni tesis kurulumlarına veya işletme altındaki tesislerin revizyonuna dair çalışmalar, teknik mevzuata, yönetmeliklere, saha tecrübelerine dayalı olarak yapıldığı takdirde, hemen hemen sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Yeni tesis kurulumlarının ya da mevcut tesis revizyonlarının gündeme geldiği en güncel konulardan birisi de, Ülkemizde de son dönemde oldukça fazla uygulama alanı bulan, elektrikli araç şarj istasyonları ile ilgilidir. Yapılan bu çalışmada, elektrikli araç şarj istasyonu entegrasyonu planlanan mevcut

bir tesiste ortaya çıkabilecek olası elektriksel altyapı revizyon ihtiyaçları ele alınmıştır.

Simaris yazılımı ile incelemeye tabi tutulan mevcut tesiste, gerilim düşümü yönünden sadece ana hat kablo kesiti değişim ihtiyacı oluşmuştur. Bu durum, inceleme yapılan tesise özel bir durum olup, başka tesisler için yapılacak incelemeye göre ana hat haricindeki linyelerde de değişim ihtiyacı ortaya çıkabilir. Tesiste kullanılan kabloların akım taşıma kapasiteleri yönünden ise bir sorunla karşılaşılmasıdır.

Tesiste, MCB ve RCCB yönünden değişim ihtiyacı meydana gelmiştir. Şalt ekipmanı ile ilgili değişim ihtiyacı, ekipman nominal akım değerinin işletme akımını taşıyamaması şeklinde ortaya çıkmıştır. Tesiste sorun tespit edilen şalt ekipmanı, uygun nominal akım değerine sahip ekipmanla değiştirilmiştir. Elektrik tesislerinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisi, yapılan analizde örnek tesis için de gözlemlenmiştir. Bu problem, C-tip MCB'lerin kısa devreyi temizleyinceye kadar hat üzerinde oldukça yüksek bir enerjinin açığa çıkmasına müsaade etmesi ve bu enerjinin aynı hat üzerindeki RCCB'leri hasara uğratma olasılığıdır. Örnek tesiste ana hat üzerinde oluşması muhtemel bu problem, C-tip olan ana hat MCB'sinin daha düşük kısa devre akımında açma yapabilen ve böylelikle hat üzerinde daha düşük seviyede kısa devre enerjisinin oluşmasını izin veren B-tip MCB ile değiştirilmesi ile giderilmiştir. Bu sorun dışında, tesiste kısa devre anında şalt ekipmanı ve tesis bağlamında oluşması muhtemel herhangi bir problem tespit edilmemiştir.

Yine yapılan analizde, seçicilik kavramının genel olarak tesis genelinde uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, tesise yapılan Duvar Kutusu ilavesinin, ana hat MCB'si ile beraber seçicilik şartını sağlamadığı tespit edilmiştir. Bu noktada, ana hat MCB ve RCCB elamanları, bir üst değerlikli elemanlarla değiştirilmiştir. Böylelikle, seçicilik kavramının tesisin tamamında uygulanabilir olması sağlanmıştır. Bu değişikliklerle birlikte, analizde başkaca bir olumsuzlukla karşılaşılmasıdır. Sistemde ihtiyaç olunan tüm kablo ve şalt ekipmanı revizyonlarının toplam maliyeti ise 7.445 \$ olarak tespit edilmiştir.

Simaris yazılımı ayrıca, tesisteki tüm linyeler için bireysel ya da grup haline getirilmek suretiyle, 30 mA RCCB tesisi önerisinde bulunmuştur. İlgili öneri, Duvar Kutusu'nun tesisiyle ilgili olmayıp, Duvar Kutusu tesis edilmemiş olsa bile, kullanıcı güvenliğinin sağlanması için önerilmiştir. Yazılım bu öneriyi, tesisin sağlıklı bir şekilde çalışması noktasında, kritik bir unsur olarak görmemiştir.

Tüm elektrik tesislerinin, gerek planlama aşamasında, gerekse işletme altında oluşabilecek revizyon ihtiyaçlarında, bu türden yazılımlar kullanılarak analiz edilmesi, oluşması muhtemel elektrik kazalarının ve bu kazaların yıkıcı etkilerinin önlenmesi bağlamında, büyük önem arz etmektedir.

7 Results and discussion

Although electrical facilities seem like complex structures; If the studies on new facility installations or revision of the facilities under operation are made based on technical legislation, regulations, and field experiences, they can be carried out almost smoothly.

One of the most recent issues on the agenda of new facility installations or existing facility revisions which are widely used in our country recently is related to electric vehicle charging stations. In this study, possible electrical infrastructure revision

needs that may arise in an existing building where an electric vehicle charging station is planned to be integrated, is discussed.

In the existing building, which is examined with the Simaris software, only the main line cable cross-section need to change in terms of voltage drop. This situation is specific to the sample building, and according to the examination to be made for other building, there may be a need for change in other lines. There is no any problem in terms of current carrying capacity of the cables used in the building.

There is a need for change in terms of MCB and RCCB in the building. The need for replacement for the switchgear equipment is emerged as the equipment rated current value cannot carry the operating current. The switchgear, which is found to be a problem in the building, is replaced with equipment of appropriate nominal current value. One of the most important problems encountered in electrical installations is also been observed for the sample building in the analysis. This problem is that C-type MCBs allow a very high amount of energy to be released on the line until they clear the short-circuit, and this energy is likely to damage RCCBs on the same line. This problem, which may occur on the main line in the sample building, is eliminated by replacing the C-type main line MCB with a B-type MCB, which can open with a lower short-circuit current and thus allow a lower level of short-circuit energy to occur on the line. Apart from this problem, no probable problem is detected in the context of switchgear equipment and building during short-circuit in the electrical system.

In the analysis, it is seen that the concept of selectivity is generally applicable throughout the electrical system. However, it is determined that the Wall Box integration to the electrical system is not meet the selectivity requirement together with the main line MCB. At this point, the mainline MCB and RCCB elements are replaced by higher-valued elements. Thus, it is ensured that the concept of selectivity is applicable throughout the system. With this change, no other problem is encountered in the analysis. The total cost of all cable and switch equipment revisions required in the system is \$7,445.

Simaris software also proposed a 30 mA RCCB assembly for all lines in the electrical system, individually or grouped. The related proposal is not related to the installation of the Wall Box, but is proposed to ensure user safety even if the Wall Box is not installed. According to the software, this suggestion is not a critical element for the healthy operation of the electrical system.

It is of great importance to analyze all electrical systems both during the planning phase and in revision needs that may occur under operation, using such software, in terms of preventing possible electrical accidents and the destructive effects of these accidents.

8 Yazar katkı beyanı

Bu çalışmada Engin ÇETİN; fikrin oluşması, benzetimin yapılması, literatür taraması, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, sonuçların incelenmesi, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi gibi hususların tamamını, tek başına gerçekleştirmiştir.

9 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede, etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

10 Kaynaklar

- [1] Krane J. "Climate Risk and The Fossil Fuel Industry: Two Feet High and Rising". Rice University's Baker Institute for Public Policy, Working Paper, 19, 2016.
- [2] Wang H, Zhou W, Qian K, Meng S. "Modelling of ampacity and temperature of MV cables in presence of harmonic currents due to EVs charging in electrical distribution networks". *Electrical Power and Energy Systems*, 112, 127-136, 2019.
- [3] Sujitha N, Krithiga S. "RES based EV battery charging system: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 978-988, 2017.
- [4] Du J, Ouyang D. "Progress of Chinese electric vehicles industrialization in 2015: A review". *Applied Energy*, 188, 529-546, 2017.
- [5] Palmer K, Tate JE, Wadud Z, Nellthorp J. "Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan". *Applied Energy*, 209, 108-119, 2018.
- [6] Rominger J, Farkas C. "Public charging infrastructure in Japan - A stochastic modelling analysis". *Electrical Power and Energy Systems*, 90, 134-146, 2017.
- [7] Hall D, Lutsey N. "Effects of Battery Manufacturing on Electric Vehicle Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions". The International Council on Clean Transportation, Briefing, 12, 2018.
- [8] Gil-Aguirre J, Perez-Londoño S, Mora-Flórez J. "A measurement-based load modelling methodology for electric vehicle fast-charging stations". *Electric Power Systems Research*, 176(105934), 1-9, 2019.
- [9] Lee Y, Hur J. "A simultaneous approach implementing wind-powered electric vehicle charging stations for charging demand dispersion". *Renewable Energy*, 144, 172-179, 2019.
- [10] Limmer S, Rodemann T. "Peak load reduction through dynamic pricing for electric vehicle charging". *Electrical Power and Energy Systems*, 113, 117-128, 2019.
- [11] Das HS, Rahman MM, Li S, Tan CW. "Electric vehicles, standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 1-27, 2020.
- [12] Nour M, Chaves-Avila JP, Magdy G, Sanchez-Miralles A. "Review of positive and negative impacts of electric vehicles charging on electric power systems". *Energies*, 13(4675), 1-34, 2020.
- [13] Habib S, Khan MM, Abbas F, Sang L, Shahid MU, Tang AH. "A comprehensive study of implemented international standards, technical challenges, impacts and prospects for electric vehicles". *IEEE Access*, 6, 13866-13890, 2018.
- [14] Gomez JC, Morcos MM. "Impact of ev battery charges on the power quality of distribution systems". *IEEE Transactions on Power Delivery*, 18(3), 975-981, 2002.
- [15] Akhavan-Rezai E, Shaaban MF, El-Saadany EF, Zidan A. "Uncoordinated charging impacts of electric vehicles on electric distribution grids: normal and fast charging comparison". *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, San Diego, USA, 22-26 July 2012.
- [16] Ventoruzzo G, Davigny A, Henneon A, Gouraud S, Robyns B. "Integration and safety of electric vehicles in a residential electrical installation for V2H services". *2016 18th European Conference on Power Electronics and Applications EPE'16 ECCE Europe*, Karlsruhe, Germany, 5-9 September 2016.
- [17] EMSD Hong Kong Electrical and Mechanical Services Department. "Technical Guidelines on Charging Facilities for Electric Vehicles". Hong Kong, 16, 2015.
- [18] TCI Transportation and Climate Initiative. "Siting and Design Guidelines for Electric Vehicle Supply Equipment". USA, 34, 2012.
- [19] Electrical Contractors Association of New Zealand. "EV Charging: Domestic Installation Guide". New Zealand, 16, 2019.
- [20] NICEIC National Inspection Council for Electrical Installation Contracting. "Electrical Vehicle Charging". UK, 12, 2019.
- [21] TEHAD. "Türkiye Elektrikli ve Hibrit Araçlar Derneği". <http://tehad.org/2019/03/25/turkiyedeki-sarj-istasyonu-sayisi-elektrikli-otomobili-yakaladi/> (07.02.2021).
- [22] Siemens. "Technical Series Edition 9; Electrical Infrastructure for E-car Charging Stations". Germany, 21, 2013.
- [23] Siemens. "5TT3 201 Charging Unit for Electric Vehicles Equipment Manual (2540024112-02)". Germany, 6, 2012.
- [24] Siemens. "Fast Charge Project/Ultra-Fast Charging Tech". <https://press.siemens.com/global/en/feature/research-project-fastcharge-ultra-fast-charging-technology> (07.02.2021).
- [25] IEC. "International Electrotechnical Commission Web Store". <https://webstore.iec.ch> (07.02.2021).
- [26] Rubenis A, Laizans A, Zvirbule A. "Latvian electric vehicle fast charging infrastructure: results of the first year of operation". *Environmental and Climate Technologies*, 23(2), 9-21, 2019.
- [27] Tamor MA. "Examining the case for long-range battery electric vehicles with a generalized description of driving patterns". *Transportation Research Part C*. 108, 1-11, 2019.
- [28] Folkestad CA, Hansen N, Fagerholt K, Andersson H, Pantuso G. "Optimal charging and repositioning of electric vehicles in a free-floating carsharing system". *Computers and Operations Research*. 113(104771), 1-18, 2020.
- [29] Chen R, Qian X, Miao L, Ukkusuri SV. "Optimal charging facility location and capacity for electric vehicles considering route choice and charging time equilibrium". *Computers and Operations Research*. 113(104776), 1-18, 2020.
- [30] Pagani M, Korosec W, Chokani N, Abhari RS. "User behaviour and electric vehicle charging infrastructure: An agent-based model assessment". *Applied Energy*. 254(113680), 1-11, 2019.
- [31] Wenig J, Sodenkamp M, Staake T. "Battery versus infrastructure: tradeoffs between battery capacity and charging infrastructure for plug-in hybrid electric vehicles". *Applied Energy*, 255(113787), 1-12, 2019.
- [32] Sun B, Sun X, Tsang DHK, Whitt W. "Optimal battery purchasing and charging strategy at electric vehicle battery swap stations". *European Journal of Operational Research*. 279, 524-539, 2019.
- [33] Zuo X, Xiao Y, You M, Kaku I, Xu Y. "A new formulation of the electric vehicle routing problem with time windows considering concave nonlinear charging function". *Journal of Cleaner Production*, 236(117687), 1-18, 2019.
- [34] Roni MS, Yi Z, Smart JG. "Optimal charging management and infrastructure planning for free-floating shared electric vehicles". *Transportation Research Part D*, 76, 155-175, 2019.

- [35] Kong W, Luo Y, Feng G, Li K, Peng H. "Optimal location planning method of fast charging station for electric vehicles considering operators, drivers, vehicles, traffic flow and power grid". *Energy*. 186(115826), 1-13, 2019.
- [36] Bautista PB, Cardenas LL, Aguiar LU, Igartua MA. "A traffic-aware electric vehicle charging management system for smart cities". *Vehicular Communications*, 20(100188), 1-14, 2019.
- [37] Siemens. "Totally Integrated Power, Simaris Design/Simaris Project Technical Manual". Germany, 171, 2014.
- [38] T.C. Resmi Gazete. "Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği". Ankara, Türkiye, 96, 1984.
- [39] Siemens. "5SV4646-0 RCCB Data Sheet". Germany, 5, 2020.
- [40] Siemens. "Sentron Residual Current Protective Devices, Answers for Infrastructure and Cities (E10003-E38-2B-G0090-7600)". Germany, 74, 2012.