



ELEKTRİKLİ ARAÇ DEVRESİNDE KULLANILAN BOOST DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN ANALİZİNE FARKLI YAKLAŞIMLAR

Ayşe Tuğba YAPICI^{1*}, Nurettin ABUT¹, Ali Bekir YILDIZ¹

¹Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering, 41100, Kocaeli, Türkiye

Özet: Bu çalışmada, dünya geneli ve ülkemizde oldukça hızlı yayılmaya başlayan elektrikli araç konusu ele alınmıştır. Bu hızlı yayılmanın sebebi yaşanan enerji sorunları ve çevresel faktörlerdir. Olumsuzluklar değerlendirildiğinde, ulaşım araçlarında kullanılan enerjiler açısından elektrik oldukça cazip bir enerji kaynağıdır. Bundan dolayı elektrikli araçlar alanındaki araştırma ve çalışmalar yaşanan hızlı büyüme bakımından ihtiyaç olup katkı sağlamaktadır. Yapılan çalışma ile elektrikli araçlarda tercih edilebilecek dönüştürücü devre seçeneklerinden birisi olan boost (yükselten) dönüştürücü devresinin sayısal yöntemlerle analizine ilişkin iki özgün yaklaşım irdelenmektedir. Dönüştürücü devrede, anahtarlar iki farklı şekilde modellenmiştir. İlk olarak iki değerli direnç yaklaşımı, daha sonra ideal anahtar yaklaşımı kullanılmıştır. Her iki modelleme durumunda da genelleştirilmiş düğüm denklemleri ile analiz yapılmıştır. Bu denklemlerin analitik ve sayısal olarak yapılan çözümleri ile kalıcı hal bölgesinde elde edilen sonuçların aynı olması, uygulanan modellerin ve yöntemlerin doğruluğunu göstermektedir. Analitik ve sayısal olarak çözümlenen devre, MatlabSimulink ortamında simüle edilerek sonuçların doğruluğu teyit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışma ile elde edilen sonuçların gerçek sonuçlara yakın olduğu gösterilmiştir. Böylelikle konu üzerinde çalışma yapacaklar için uygulama çalışması öncesi yapılan inceleme ile sayısal veri örneği de sunulmuş olacaktır.

Anahtar kelimeler: Elektrikli Araç, Boost (yükselten) dönüştürücü, Düğüm gerilimleri yöntemi, Modelleme


Different Approaches to Analysis of Boost Converter Used in Electric Vehicle Circuit


Abstract: In this study, the subject of electric vehicles, which has started to spread very rapidly in the world and in our country, is discussed. The reason for this rapid spread is the energy problems and environmental factors. Considering all these negativities, electric is a very attractive energy source in terms of transportation. For this reason, every study on the electric vehicle will contribute to the rapid growth. In this study, different approaches have been shown regarding the analysis of the boost converter circuit, which is one of the converter circuit options that can be preferred in electric vehicles, by numerical methods. Two different modeling have been implemented in the converter circuit. First, the boost converter circuit was modeled by a dichotomous resistance approach and the model's equations for the analysis of the model were obtained by generalized node equations. Then the boost converter circuit is modeled with the ideal switch approach and the model's equations for the solution of the model were obtained by generalized knot equations. The results obtained from analytical and numerical solutions of these equations and the results obtained in the permanent state region have been shown to be the same. The analytical and numerically analyzed circuit was simulated in MatlabSimulink environment and the same results are confirmed in the simulation environment. In addition, it is aimed that the results obtained with the study are close to the real results. For those who will work on the subject, a numerical data sample will be presented with the work done before the application study.


Keywords: Electric vehicle, Boost converter, Node voltage method, Modelling

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering, 41100, Kocaeli, Türkiye

E mail: a.tgb.yipc@hotmail.com (A. T. YAPICI)

Ayşe Tuğba YAPICI  <https://orcid.org/0000-0003-2471-0835>

Nurettin ABUT  <https://orcid.org/0000-0001-6732-7575>

Ali Bekir YILDIZ  <https://orcid.org/0000-0003-4043-7859>

Gönderi: 04 Mart 2024

Kabul: 10 Mayıs 2024

Yayınlanma: 15 Mayıs 2024

Received: March 04, 2024

Accepted: May 10, 2024

Published: May 15, 2024

Cite as: Yapıcı AT, Abut N, Yıldız AB. 2024. Different approaches to analysis of boost converter used in electric vehicle circuit. BSJ Eng Sci, 7(3): 601-609.

1. Giriş

Günümüzde gelişen endüstri alanı daha fazla kaynak arayışını gündeme getirmiştir (Zimm, 2021). Bu arayış içerisinde öncelik temiz çevre konusunda oluşan hassasiyete uygunluktur. Konu ulaşım açısından değerlendirildiğinde elektrik oldukça uygun bir seçenektir (Hawkins ve ark., 2013; Günaslan ve ark., 2023). Bu sebeple son zamanlarda ulaşımında elektrikli araç çok hızlı bir yayılım göstermektedir (Nilsson ve Nykvist, 2016).

Özellikle mühendislik alanında fiziksel bir yapıyı incelerken, gerçek yapıya benzer şekilde modeller

oluşturulması önemlidir (Yapıcı, 2018). Gerçek sisteme benzeyen bu modeller üzerinde yapılan analitik çözümler, sayısal çözümler ve paket programlar ile elde edilen çözümler, tasarım öncesi büyük kolaylıklar sağlar. Yapılan çalışmada elektrikli araç sisteminde bataryadan çekilen enerjinin yük motorunda kullanıma uygun gerilim seviyesine dönüştürmek için kullanılabilecek dönüştürücü devre seçeneklerinden biri olan boost dönüştürücü tercih edilmiştir (Ortuzar ve ark., 2003; Malik ve ark., 2020; Hançar ve Kaymaz, 2021). Böylelikle bataryadaki gerilim seviyesi yükseltilerek motor için uygun hale getirmek hedeflenmiştir (Moreno ve ark.,



2006; Young ve ark., 2013; Alphonse ve ark., 2012). Boost dönüştürücü devre için modelleme yapılarak hedef sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Modelleme konusunun yapılan çalışmalara sağlayacağı katkıdan dolayı, anahtarlama elemanları için iki farklı modelleme seçeneği kullanılmıştır (Yıldız, 2013). Bu modellemelerden biri iki değerli direnç yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda iletimde olan temel anahtar ve diyot için çok küçük direnç değeri seçilirken, yalıtımda olan temel anahtar ve diyot için büyük direnç değeri seçilerek modelleme yapılmıştır (Yıldız, 2013). Devre yapısı değişmediğinden, her iterasyon için denklemler aynı kalmakta, sadece başlangıç koşulları güncellenmektedir (Yıldız, 2013). Diğer modelleme yöntemi ise ideal anahtar yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, iletimde olan temel anahtar ve diyot için 0V değerinde gerilim kaynağı, yalıtımda olan temel anahtar ve diyot ise 0A değerinde akım kaynağı olarak modellenmiştir. Devre yapısı değiştiğinden, her iterasyon için denklemler ve başlangıç değerleri güncellenmektedir. Her iki modelleme için de, sistem analizi Genelleştirilmiş düğüm gerilimleri yöntemi ile yapılmıştır. Sayısal analiz için Trapez yöntemi kullanılarak, her iki yaklaşım için sonuçlar elde edilmiştir (Köseni ve Yıldız, 2019).

2. Elektrikli Araç

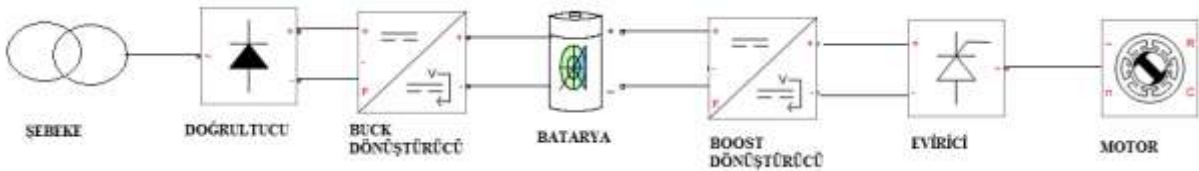
Elektrikli araç temel çalışma prensibi, şebekeden alınarak bataryada depolanan enerjinin daha sonra ihtiyaç duyulduğunda tekrar bataryadan alınarak motor tarafından kullanılması sonucu, tekerleğin hareketinin sağlanmasına dayanmaktadır (Li ve ark., 2016; Sabri ve ark., 2016; Çelik ve Abut, 2022). Şebekeden alınan enerji ilk olarak bataryada depolanmadan önce, bataryada depoalanmaya uygun gerilim seviyesine düşürülmesi gerekmektedir (Khaligh ve Li, 2010; Sousa ve Boris Bouchez, 2010; Clement-Nyns ve ark., 2011; Lunz ve ark., 2012). Depolanan enerji daha sonra motorda kullanılmadan önce motorun çalışması için gerekli uygun

gerilim seviyesine dönüştürülmesi gerekmektedir (Sharma ve ark., 2020). Her iki dönüşüm işlemi için dönüştürücü devreler kullanılmaktadır. Şekil 1 incelendiğinde elektrikli araç için şebekeden başlayarak motora kadar olan kısım genel olarak gösterilmiştir. Şebekeden alınan enerji ilk olarak bataryada depo edilebilecek forma dönüştürülmelidir (Sharma ve ark., 2020). Bu sebeple ilk olarak doğrultucu devre kullanılarak AC sinyal DC sinyale doğrultulmuştur (Kumar ve ark., 2023). Daha sonra ise doğrultulan sinyal buck dönüştürücü devre ile bataryada depo edilebilecek seviyeye getirilir ve depolanır (Kumar ve ark., 2023). Araç hareketi için bataryadan alınan enerji boost dönüştürücü devre ile gerilim seviyesi yükseltildikten sonra evirici ile çıkıştaki AC motor için AC sinyale dönüştürülür (Genç, 2023).

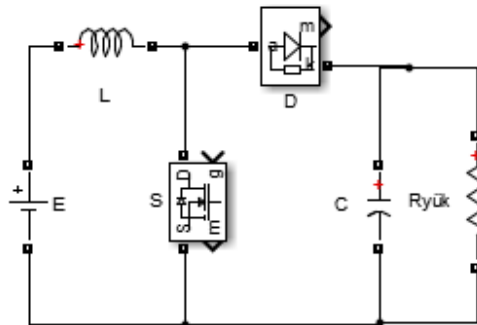
Şarj işlemi AC tip bir şarj istasyonunda gerçekleştiriliyorsa şebekeden alınan enerjinin bataryaya kadar olan kısmındaki dönüşüm işlemi araç içerisinde gerçekleşir (Sun ve ark., 2016; Sivaraman ve Sharmeela, 2021). Eğer DC tip bir şarj istasyonunda şarj işlemi gerçekleştiriliyorsa bu dönüşüm şarj istasyonunda gerçekleşir ve batarya direk hızlıca şarj edilir (Bai ve ark., 2010; Khan ve ark., 2019). Çünkü gerilim bataryada DC olarak depo edilir (Li ve ark., 2016). Yapılan çalışmada ise bataryadan motora kadar olan kısımda tercih edilebilecek dönüştürücü devre seçeneklerinden birisi olan boost devre ele alınmıştır. Şekil 1'deki devrenin boost devre bloğu için modelleme yapılmıştır. Benzer çalışmalar buck dönüştürücü devre, evirici ve motor bloğu için yapılabilir.

3. Boost (Yükselten) DC-DC Dönüştürücü

Boost dönüştürücü devre girişine uygulanan gerilimi çıkışında daha yüksek bir gerilim seviyesine dönüştürür (Baek ve ark., 2005; Chen ve ark., 2006; Prudente ve ark., 2008; Garip ve ark., 2009). Şekil 2'de Boost dönüştürücü devresi görülmektedir.

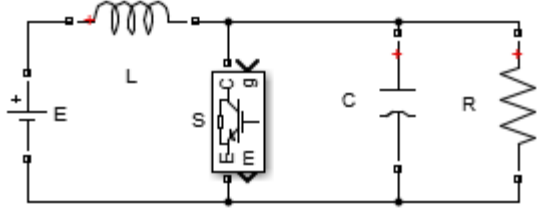


Şekil 1. Elektrikli araç iç yapısı.



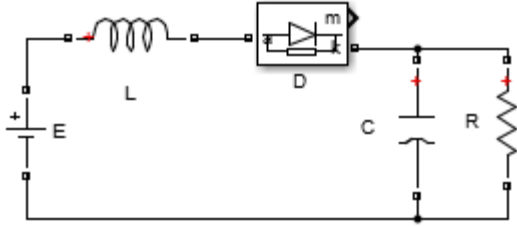
Şekil 2. Boost dönüştürücü devre.

Devre bir temel anahtar (S), bir endüktans (L), bir kapasitör (C), bir diyot (D) ve çıkışa bağlanan dirençten oluşmaktadır (Mert, 2007). Devrede bir temel anahtar vardır, bu nedenle anahtarın iletimde ve kesimde olma durumuna göre iki adet çalışma topolojisi bulunmaktadır (Tofoli ve ark., 2015; Çalışkan ve ark., 2017). Şekil 3’de S anahtarının iletimde iken diyodun kesim durumu gösterilmiştir (Öncü ve Sazak, 2006).



Şekil 3. Boost dönüştürücü devre, anahtar iletimde-diyot kesimde modu.

Bu modda bobin enerjilenmektedir. Şekil 4’de anahtarın kesimde diyodun ise iletimde olduğu mod gösterilmektedir (Öncü ve Sazak, 2006).



Şekil 4. Boost dönüştürücü devre, anahtar kesimde-diyot iletimde modu.

Bu modda endüktansta depolanan enerji yükte aktarılmaktadır.

4. Sistem Denklemlerinin Elde Edilmesi

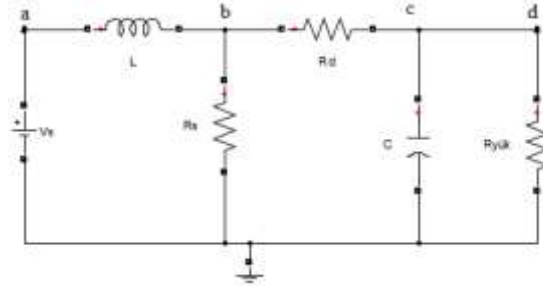
Bölüm 2’de genel çalışma prensibinden bahsedilen boost dönüştürücü devrenin sistem analizini yapabilmek için gerekli olan denklemler bu bölümde elde edilmiştir. Burada diğer devrelerden farklı olarak anahtarlama elemanları bulunmaktadır, Bu sebeple devrenin denklemlerini daha kolay olarak çıkarabilmek için önce anahtarlama elemanlarını modellemek gerekir. Bunun için tercih edilen iki yöntemde çalışmada gösterilmiştir. İki değerli direnç ve ideal anahtar yöntemi ile devre modellendikten sonra sistem denklemleri elde edilecektir. Bu denklemleri elde etmede kullanılan iki yaklaşım vardır: Genelleştirilmiş düğüm denklemleri (GDD), Durum değişkenleri yaklaşımı. Durum değişkenleri yaklaşımında bilinmeyen sayısı az ancak denklemleri elde etmek yoğun işlemler gerekmektedir. Genelleştirilmiş düğüm denklemleri yaklaşımında ise bilinmeyen sayısı fazla ancak denklemleri elde etmek daha kolaydır (Yıldız, 2013; Köseni ve Yıldız, 2019). GDD’nin s ve t domenindeki genel gösterimi Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)’de verilmiştir.

$$(G + sC)X(s) = BU(s) \quad (1)$$

$$Gx(t) + C \frac{dx(t)}{dt} = Bu(t) \quad (2)$$

4.1. Boost (Yükselten) DC-DC Dönüştürücünün İki Değerli Direnç Yaklaşımı İle Modellenmesi ve Sistem Denklemlerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde bölüm 3’de bahsedilen anahtarlama elemanlarını modelleme yöntemlerinden biri olan iki değerli direnç yaklaşımı ile eşdeğer devre eldesi ve denklem çıkarımı gösterilmiştir. Şekil 5’de Boost dönüştürücü devresinin iki değerli direnç yaklaşımı ile modellenmiş şekli gösterilmektedir. Burada temel anahtar ve diyot birer küçük değerli ve büyük değerli direnç ile temsil edilmektedir. Anahtarın ve diyodun iletim ve kesim durumuna göre direnç değerleri güncellenerek simülasyona devam edilmektedir. Anahtar iletimde iken çok küçük bir direnç değeri ile temsil edilirken, anahtar kesimde iken çok büyük bir direnç ile temsil edilir. Benzer şekilde iletimde olan diyot çok küçük bir direnç değeri ile temsil edilirken, kesimde olan diyot çok büyük bir direnç değeri ile temsil edilir.



Şekil 5. İki değerli direnç yaklaşımı ile boost dönüştürücü eşdeğer devresi.

Şekil 5’deki devreye ait Genelleştirilmiş düğüm denklemleri eldesi için Eşitlik (1)’deki s domeni ile edilen katsayı matrisleri Eşitlik 3-7’de gösterilmiştir.

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & G_s + G_d & -G_d & -1 & 0 \\ 0 & -G_d & G_d + G_{yük} & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

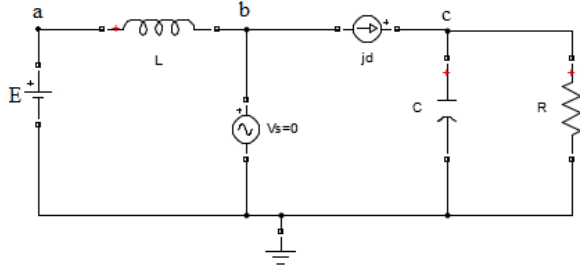
$$B = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1] \quad (5)$$

$$X(t) = [V_a \ V_b \ V_c \ I_L \ I_E] \quad (6)$$

$$U(t) = [E] \quad (7)$$

4.2. Boost (Yükselten) DC-DC Dönüştürücünün İdeal Anahtar Yaklaşımı İle Modellenmesi ve Sistem Denklemlerinin Elde Edilmesi

Bu bölümde bölüm 3’de bahsedilen anahtarlama elemanlarını modelleme yöntemlerinden biri olan ideal anahtar yaklaşımı ile eşdeğer devre eldesi ve denklem çıkarımı gösterilmiştir. Burada iki değerli direnç yaklaşımından farklı olarak anahtarlama elemanları bir akım ve bir gerilim kaynağı ile temsil edilmektedir. Bu sebeple devre eşdeğer modellemesi tek şekil üzerinden değil, iki şekil üzerinden incelenecektir. Çünkü iletimde olan anahtarlama elemanı bir gerilim kaynağı ile temsil edilirken kesimde olan anahtarlama elemanı bir akım kaynağı ile temsil edilmektedir. Bu sebeple iletim ve kesim durumları ayrı ayrı modelleme yapmak gerekmektedir. Şekil 6’da Boost dönüştürücü ideal anahtar yaklaşımı ile anahtar iletimde diyot kesim durumunda modellenmiş şekli gösterilmektedir.



Şekil 6. İdeal anahtar yaklaşımı: Temel anahtar iletimde diyot kesimde.

Şekil 6’daki devreye ait Genelleştirilmiş düğüm denklemleri eldesi için Eşitlik (1)’deki s domeni ile edilen katsayı matrisleri Eşitlik 8-12’de gösterilmiştir.

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & G_{yük} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -L \end{bmatrix} \quad (9)$$

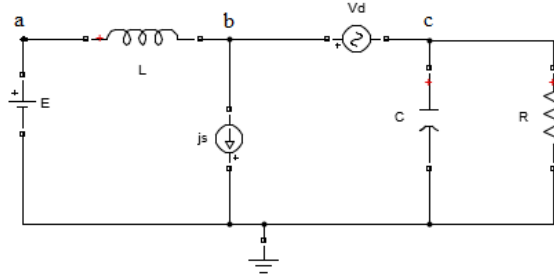
$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$X(t) = [V_a \ V_b \ V_c \ I_E \ I_s \ I_L] \quad (11)$$

$$U(t) = [E \ V_s \ J_d] \quad (12)$$

Elde edilen matrislerde temel anahtarın iletimde olması durumunda anahtar 0 V değerinde (Vs) bir gerilim kaynağı ile temsil edilirken, bu durumda kesimde olan diyot ise 0 A (Ja) değerinde bir akım kaynağı ile temsil edilmiştir.

Şekil 7’de Boost dönüştürücü ideal anahtar yaklaşımı ile anahtar kesimde, diyot iletimde durumu modellenmiş şekli gösterilmektedir.



Şekil 7. İdeal anahtar yaklaşımı: Temel anahtar kesimde diyot iletimde.

Şekil 7’deki devreye ait Genelleştirilmiş düğüm denklemleri eldesi için Eşitlik (1)’deki s domeni ile edilen katsayı matrisleri Eşitlik 13-17’de gösterilmiştir.

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & G_{yük} & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -L \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$X(t) = [V_a \ V_b \ V_c \ I_E \ I_d \ I_L] \quad (16)$$

$$U(t) = [E \ V_d \ J_s] \quad (17)$$

Elde edilen matrislerde temel anahtarın kesimde olması durumunda anahtar 0 A değerinde (Js) bir akım kaynağı ile temsil edilirken, bu durumda iletimde olan diyot ise 0 V (Va) değerinde bir gerilim kaynağı ile temsil edilmiştir.

4.3. Sistem Denklemlerine Trapez Yaklaşımının Uygulanması

GDD ile analitik olarak elde edilen denklemlerin bilgisayarda sayısal yöntemlerle belli aralıklarla (adım aralığı) çözümünü elde etmek için, Runge-Kutta, Forward Euler, Backward Euler, Trapezoidal gibi yöntemleri uygulanabilir. Bu çalışmada elde edilen GDD denklemlerinin sayısal yöntemlerle çözümü için Trapezoidal (Yamuk) yöntemi uygulanmıştır. Trapezoidal yöntemi denklemi Eşitlik 18’de gösterilmiştir.

$$X_{n+1} = X_n + \frac{h}{2} [f(X_{n+1}, t_{n+1}) + f(X_n, t_n)] \quad (18)$$

Eşitlik 2’de verilen GDD’nin t domenindeki denklemlerine, bu yöntemin uygulanması ile Eşitlik 19 elde edilir.

$$X_{n+1} = K_A X_n + K_B [U_n + U_{n+1}] \quad (19)$$

Eşitlik 19’daki K_A ve K_B Eşitlik 20’de gösterilmiştir.

$$K_A = K_1^{-1} K_2$$

$$K_B = K_1^{-1} \frac{h}{2} B \quad (20)$$

Eşitlik 20’deki K_1 ve K_2 ise, Eşitlik 21’de gösterilmiştir.

$$K_1 = \left[C + \frac{h}{2} G \right]$$

$$K_2 = \left[C - \frac{h}{2} G \right] \quad (20)$$

5. Bulgular

Elektrikli araç için boost dönüştürücü devrenin analizinde kullanılacak özgün yöntemlerden olan iki değerli direnç ve ideal anahtar yaklaşımını göstermek amacıyla yapılan bu çalışmada kullanılan parametreler Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 1’de boost dönüştürücü devre iki değerli direnç yaklaşımı için parametreler verilmiştir.

Tablo 2’de boost dönüştürücü devre ideal anahtar yaklaşımı için parametreler verilmiştir.

Tablo 1 ve Tablo 2’deki parametreler kullanılarak Matlab’te elde edilen kararlı hal sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3 ve Tablo 4’deki sonuçlar iki değerli direnç ve ideal anahtar yaklaşımı için anahtar açık ve kapalı durumdaki sonuçlar alınıp bir sonraki adım da veriler güncellenerek elde edilmiştir. Kararlı hal durumunda elde edilen sonuçlar tablolara eklenmiştir.

Tablo 3’te verilen İki değerli direnç yaklaşımı kararlı hal sonuçları Matlab grafikleri Şekil 8 ve Şekil 9’da görülmektedir.

Tablo 1. İki değerli direnç yaklaşımı parametreleri

E (Giriş Gerilimi)	$R_{smin}-R_{dmin}$	$R_{smax}-R_{dmax}R_{yük}$	C	L
12V	$10^{-3} \Omega$	$10^6 \Omega 5 \Omega 200 \mu F$		1mH

Tablo 2. İdeal anahtar yaklaşımı parametreleri

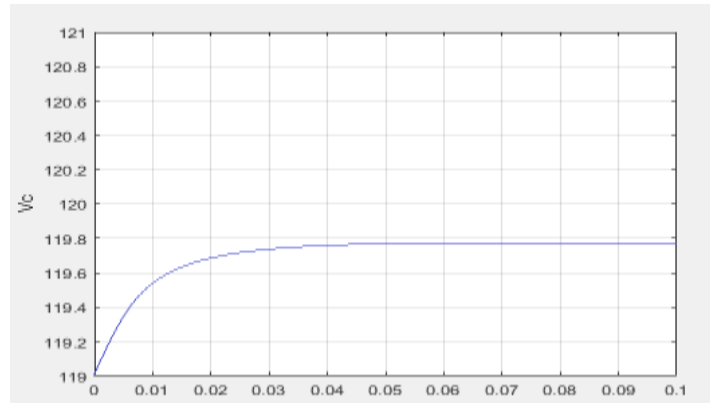
E (Giriş Gerilimi)	$V_s- V_d$	$J_s- J_dR_{yük}$	C	L
12V	0V	0A5 $\Omega 200 \mu F$		1mH

Tablo 3. İki değerli direnç yaklaşımı kararlı hal sonuçları

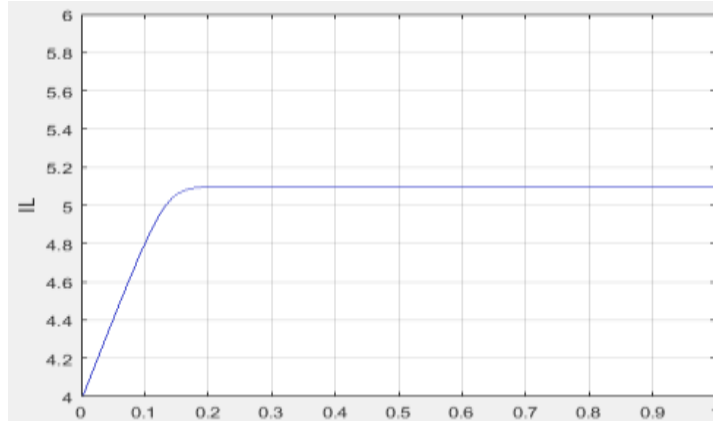
V_a	V_b	V_{cLLE}
12V	110.04V	119.78V 5.3182A
		-1.5129A

Tablo 4. İdeal anahtar yaklaşımı kararlı hal sonuçları

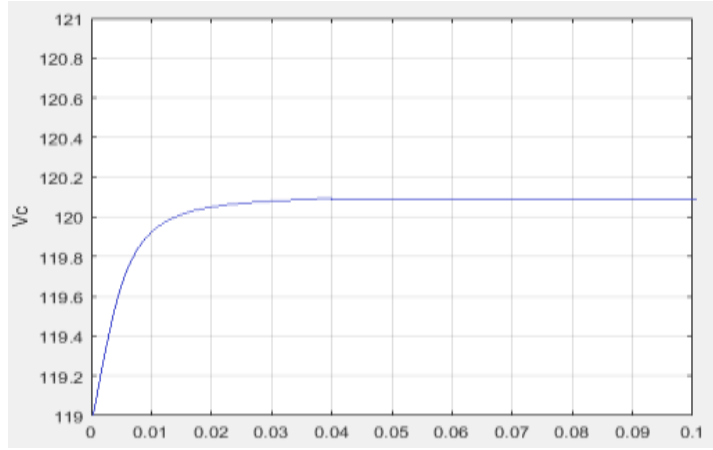
V_a	V_b	V_{cLLE}
12V	109.05V	120.14V 5.4278A
		-1.5132A



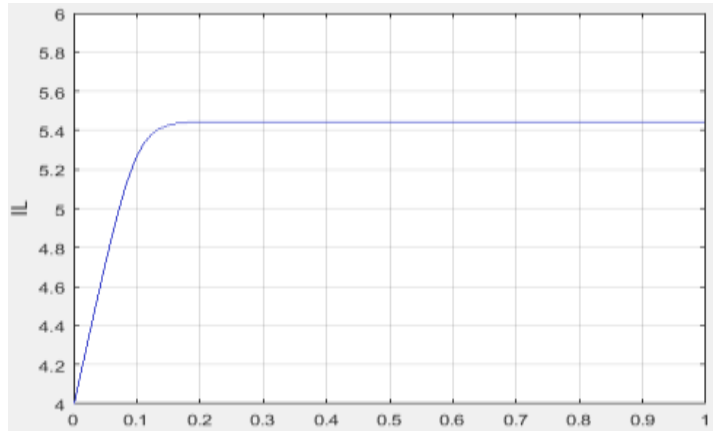
Şekil 8. İki değerli direnç yaklaşımı V_c gerilimi.



Şekil 9. İki değerli direnç yaklaşımı I_L akımı.



Şekil 10. İdeal anahtar yaklaşımı V_c gerilimi.



Şekil 11. İdeal anahtar yaklaşımı I_L akımı.

Şekil 8 incelendiğinde iki değerli direnç yöntemi ile elde edilen denklemler çözümlendiğinde çıkış gerilimi, bu yöntemde V_c gerilimi ile gösterilen, yaklaşık olarak 119 V değerini göstermektedir.

Şekil 9 incelendiğinde iki değerli direnç yöntemi ile elde edilen denklemler çözümlendiğinde endüktans üzerindeki akım yaklaşık olarak 5A değerini göstermektedir.

Tablo 4'te verilen ideal anahtar yaklaşımı kararlı hal sonuçları Şekil 10 ve Şekil 11'de verilen grafiklerde görülmektedir.

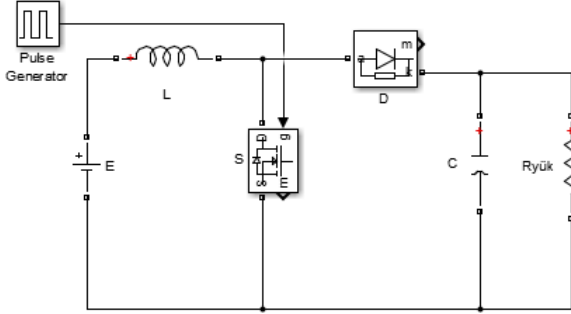
Şekil 10 incelendiğinde ideal anahtar yaklaşımı ile elde

edilen denklemler çözümlendiğinde çıkış gerilimi, bu yöntemde V_c gerilimi ile gösterilen, yaklaşık olarak 120 V değerini göstermektedir.

Şekil 11 incelendiğinde ideal anahtar yaklaşımı ile elde edilen denklemler çözümlendiğinde endüktans üzerindeki akım yaklaşık olarak 5A değerini göstermektedir.

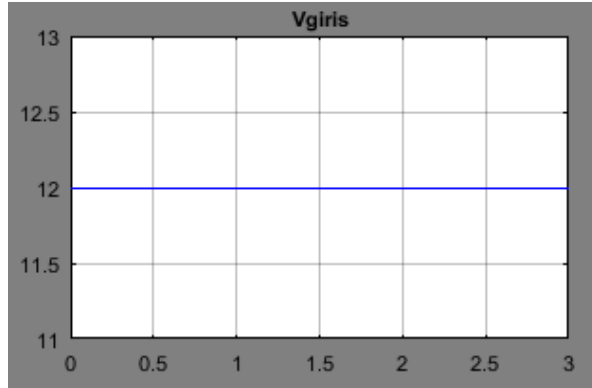
Yapılan çalışmada tercih edilen özgün yaklaşımlar ile elde edilen sonuçlarının birbiri ile yakın sonuçlar olması hedeflenirken bu sonuçların Matlab Simulink'te aynı veriler ile devrenin modellenerek sonuçların desteklenmesi de hedeflenmiştir. Şekil 12'de boost

dönüştürücü devrenin Matlab Simulink modeli gösterilmiştir. Burada iki değerli direnç ve ideal anahtar yaklaşımı ile eşitlikler üzerinden çözülmesi yapılan devrenin Matlab simulinkte modellenmiş şekli görülmektedir. Eşitlikler ile yapılan çözümlerde kullanılan sayısal değerler yapılan modellemede seçilen elemanlara birebir aynı olarak verilmiştir.



Şekil 12. Boost dönüştürücü Matlab simulink modeli.

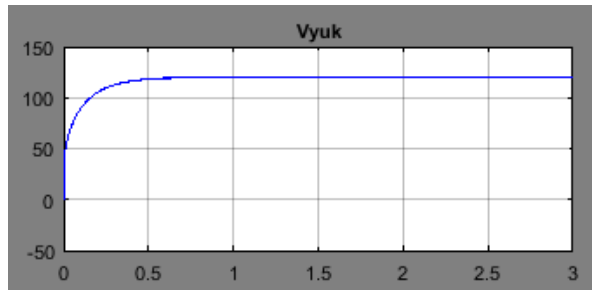
Şekil 13'de boost dönüştürücü devrenin Matlab Simulink modeli giriş gerilimi değeri gösterilmiştir. Buradaki 12 V değeri ortalama olarak bir bataryada depo edilebilecek gerilim değeridir. Yapılan çalışma ile kullanılan boost dönüştürücü devre ile bataryadan çekilen bu 12 V değeri elektrikli araç motoru için uygun gerilim seviyesine yükseltilecektir.



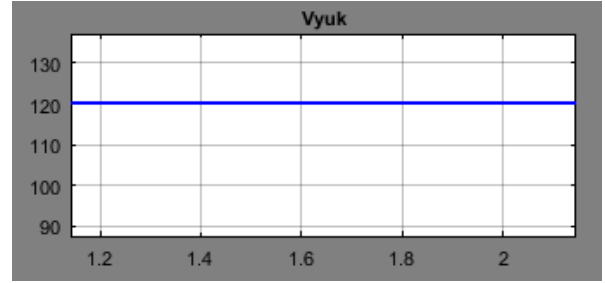
Şekil 13. Boost dönüştürücü Matlab Simulink modeli giriş gerilimi.

Şekil 13 incelendiğinde devrenin giriş geriliminin 12 V olarak belirlendiği görülmektedir.

Şekil 14 ve 15'de boost dönüştürücü devrenin Matlab Simulink modeli çıkış gerilimi gösterilmiştir.



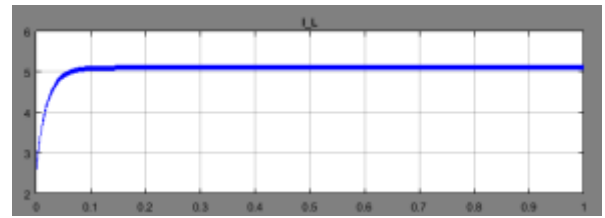
Şekil 14. Boost dönüştürücü Matlab Simulink modeli çıkış gerilimi.



Şekil 15. Boost dönüştürücü Matlab Simulink modeli çıkış gerilimi.

Şekil 14 ve Şekil 15 aynı çıkışın farklı yakınlıktaki görüntüleridir. Şekil 14 ve Şekil 15 incelendiğinde sistemin çıkış geriliminin 120 V olduğu görülmektedir. Elde edilen bu 120 V gerilim değeri elektrikli araç motoru için pratik uygulamada uygun bir değerdir.

Şekil 16 incelendiğinde endüktans akımının 5A olduğu görülmektedir.



Şekil 16. Matlab Simulink modeli IL akımı.

6. Sonuç

Elektrikli araç sistemi üzerinde kullanılabilecek boost dönüştürücü devre analizi için iki farklı özgün yaklaşım incelenmiştir. Konu üzerinde yapılan çalışmada Boost dönüştürücü devresi iki farklı yöntemle modellenmiş ve bu modellerin denklemleri elde edilirken geliştirilmiş düğüm denklemleri yöntemi tercih edilmiştir. Her iki yöntem için ayrı ayrı elde edilen denklemlerin trapez yöntemi ile sayısal analizi yapılmıştır. Kararlı hal analizi için iki yöntemle ait sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4'de iki değerli direnç yaklaşımı ve ideal anahtar yaklaşımı için boost dönüştürücü devrenin kararlı hal sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde Tablo 3 ve Tablo 4'de V_c olarak gösterilen sistemin çıkış gerilimi yaklaşık olarak 119 V ve 120 V olarak bulunmuştur. Her iki yaklaşım sonucunun neredeyse birbiri aynı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde endüktans akımları da hemen hemen aynı sonucu vermiştir. Aynı devre, aynı veriler ile Matlab simulink ile de gerçekleştirilmiştir. Şekil 8 ve Şekil 10 incelendiğinde matlab modeli için çıkış geriliminin Tablo5 ve Tablo 4' deki V_c değeri 120 V ile aynı sonucu verdiği görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde hem iki değerli direnç yaklaşımının hem ideal anahtar yaklaşımının hem de simülasyon sonuçlarının birbiri ile aynı olduğu görülmektedir. 120 V değeri elektrikli araç motoru için ideal kabul edilebilecek bir değer olmakla beraber çalışmada üç farklı yöntemde aynı sonuç elde edilmiştir. Bunlara ek olarak sistemin girişine uygulanan 12 V

değeri gerçek bir elektrikli aracın batarya giriş değerine uygun olarak seçilmiş ve elde edilen çıkış gerilimi değerinin gerçek bir elektrikli araç için batarya çıkışından motor girişine kadar olan kısımdaki değeri sağladığı görülmüştür. Batarya için 10-15 V arası gerilim ideal kabul edildiği için çalışmada batarya gerilimi 12 V olarak kabul edilmiştir. Motor için ise yaklaşık olarak 120 V gibi bir değer gereklidir. Çalışma için uygulama kısmında elde edilen sonuçların hem birbiri ile aynı olması hedeflenirken hem de gerçek uygulama çalışmalarına da yakın değerler olması hedeflenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde girişte 12 V olarak alınan değer motor için gerekli olabilecek 120 V'u sağladığı görülmektedir. Böylelikle çalışma için hedeflenen üç yöntemin sonucunun birbiri ile aynı olması ve aynı zamanda elektrikli araç için gerçek değerlere yaklaşması hedefleri sağlanmıştır.

Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	A.T.Y.	N.A.	A.B.Y.
K	34	33	33
T	33	34	33
Y	33	33	34
VTI	40	30	30
VAY	40	30	30
KT	34	33	33
YZ	40	30	30
KI	20	40	40
GR	34	33	33
PY	34	33	33
FA	34	33	33

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

Alphonse I, Thilagar H, Singh FB. 2012. Design of solar powered BLDC motor driven electric vehicle. *Int J Renew Energy Res*, 2(3): 456-462.

Baek J, Ryoo M, Kim T, Yoo D, Kim J. 2005. High boost converter using voltage multiplier. 31st Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society, November 6-10, Raleigh, US, pp: 128. <https://doi.org/10.1109/IECON.2005.1568967>.

Bai S, Yu D, Lukic S. 2010. Optimum design of an EV/PHEV charging station with DC bus and storage system. *IEEE Energy Conversion Congress and Exposition*, September 12-16, Atlanta, US, pp: 1178-1184.

Chen J, Maksimovic D, Erickson RW. 2006. Analysis and design of a low-stress buck-boost converter in universal-input PFC applications. *IEEE Transact Power Electron*, 21(2): 320-329.

Clement-Nyns K, Haesen E, Driesen J. 2011. The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid. *Elect Power Syst Res*, 81: 185-192.

Çalışkan A, Ünal S, Orhan A. 2017. Buck-boost dönüştürücü tasarımı, modellenmesi ve kontrolü. *Fırat Üniv Müh Bil Derg*, 29(2): 265-268.

Çelik M, Abut N. 2022. Elektrikli araçlar için kablosuz şarj sistemi simülasyonu. *Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı*, 24-26 Kasım, Bursa, Türkiye, ss: 53.

Garip İ, Altın N, Sefa İ. 2009. Çift Anahtarlı buck-boost çevirici benzetimi. *TÜBAV Bil Derg*, 2(4): 385-393.

Genç S. 2023. Güç şebekelerinde iletilen yayınımların güç kalitesi analizi ve giderilmesi. *Doktora Tezi*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye, pp: 111.

Günaslan S, Nalbur BE, Cindoruk SS. 2023. Otomotiv endüstrisinde döngüsel ekonomi ve elektrikli araçlar için yaşam döngüsü değerlendirmesinin incelenmesi. *Uluslararası İleri Doğa Bil Müh Araş Derg*, 7(4): 313-318.

Hançar Y, Kaymaz H. 2021. Elektrikli araç batarya yönetim sistemleri için hücre eşitleme yöntemleri. *Akıllı Ulaşım Sist Uyg Derg*, 4(1): 60-73.

Hawkins TR, Singh B, Majeau-Bettez G, Strømman AH. 2013. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *J Indust Ecol*, 17(1): 53-64.

Khaligh A, Li Z. 2010. Battery, ultracapacitor, fuel cell, and hybrid energy storage systems for electric, hybrid electric, fuel cell, and plug-in hybrid electric vehicles: State of the art. *IEEE Transact Vehic Technol*, 59(6): 2806-2814.

Khan W, Ahmad F, Alam MS. 2019. Fast EV charging station integration with grid ensuring optimal and quality power exchange. *Eng Sci Technol Int J*, 22(1): 143-152.

Köseni H, Yıldız AB. 2019. Geri dönüşlü DC-DC dönüştürücünün geliştirilmiş düğüm denklemleri ile analizi. *Politek Derg*, 22(1): 179-184.

Kumar BA, Jyothi B, Rathore RS, Singh AR, Kumar BH, Bajaj M. 2023. A novel framework for enhancing the power quality of electrical vehicle battery charging based on modified ferdowski converter. *Energy Rep*, 10: 2394-2416.

Li SG, Sharkh SM, Walsh FC, Zhang CN. 2011. Energy and battery management of a plug-in series hybrid electric vehicle using fuzzy logic. *IEEE Transact Vehic Technol*, 60(8): 3571-3585.

Li Z, Hoshina S, Satake N, Nogi M. 2016. Development of DC/DC converter for battery energy storage supporting railway DC feeder systems. *IEEE Transact Industry Appl*, 52(5): 4218-4224.

Lunz B, Yan Z, Gerschler JB, Dauer DU. 2012. Influence of plug-in hybrid electric vehicle charging strategies on charging and battery degradation costs. *Energy Policy*, 46: 511-519.

Malik MZ, Chen H, Nazir MS, Khan IA, Abdalla AN, Ali A, Chen W. 2020. A new efficient step-up boost converter with CLD cell for electric vehicle and new energy systems. *Energies*, 13: 2-14.

Mert T. 2007. Güç faktörü düzeltme yöntemlerinin incelenmesi ve bir uygulama devresinin gerçekleştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, pp: 48.

Moreno J, Ortuzar ME, Dixon JW. 2006. Energy-management system for a hybrid electric vehicle, using ultracapacitors and neural networks. *IEEE Transact Indust Electron*, 53(2): 614-623.

Nilsson M, Nykvist B. 2016. Governing the electric vehicle

- transition – Near term interventions to support a green energy economy. *Appl Energy*, 179: 1360-1371.
- Ortuzar M, Dixon J, Moreno J. 2003. Design, construction and performance of a buck-boost converter for an ultracapacitor-based auxiliary energy system for electric vehicles. *IECON'03. 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, November 02-06, Roanoke, US, pp: 2889-2894.
- Öncü S, Sazak BS. 2006. Tek anahtarlı inverterde bazı kontrol palslerinin silinmesiyle güç kontrolü. *Gazi Üniv Müh Mim Fak Derg*, 21(1): 123-127.
- Prudente M, Pfitscher LL, Emmendoerfer G, Romaneli EF, Gules R. 2008. Voltage multiplier cells applied to non-isolated DC-DC converters. *IEEE Transact Power Electron*, 23(2): 871-887.
- Sabri M, Danapalasingam KA, Rahmat MF. 2016. A review on hybrid electric vehicles architecture and energy management strategies. *Renew Sust Energy Rew*, 53: 1433-1442.
- Sharma S, Panwar AK, Tripathi MM. 2020. Storage technologies for electric vehicles. *J Traf Transp Eng*, 7(3): 340-361.
- Sivaraman P, Sharmeela C. 2021. Chapter 5 - Power quality problems associated with electric vehicle charging infrastructure. *Power Qual Modern Power Syst*, 2021: 151-161.
- Sousa LDB, Boris Bouchez B. 2010. A combined multiphase electric drive and fast battery charger for electric vehicles. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, September 01-03, Lille, France. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2010.5729057>.
- Sun B, Dragičević T, Freijedo FD, Vasquez JC, Guerrero JM. 2016. A control algorithm for electric vehicle fast charging stations equipped with flywheel energy storage systems. *IEEE Transact Power Electron*, 31(9): 6674-6685.
- Tofoli FL, Pereira DC, Paula WJ, Júnior DS. 2015. Survey on non-isolated high-voltage step-up dc-dc topologies based on the boost converter. *IET Power Electron*, 8(10): 2044-2057.
- Yapıcı AT. 2018. İndüksiyonla ısıtma sisteminin incelenmesi ve simülasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, pp: 62.
- Yıldız AB. 2013. A MNA-based unified ideal switch model for analysis of switching circuits. *J Circuits*, 22(6): 1-12.
- Young K, Wang C, Wang LY, Strunz K. 2013. Electric vehicle battery technologies. In: Garcia-Valle R, Peças Lopes J. (eds) *Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks. Power Electronics and Power Systems*, Springer, New York, US, pp: 15-56. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0134-6_2.
- Zimm C. 2021. Improving the understanding of electric vehicle technology and policy diffusion across countries. *Transp Pol*, 105: 54-66.