



Araştırma Makalesi / Research Article


Çok Modlu Çalışan Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün Giriş Harmoniklerinin Azaltılması

Reducing Input Harmonics of Single Phase Matrix Converter Operating in Multimode

Merve ERTARĞIN^{1,*} , Ahmet ORHAN² , Abuzer ÇALIŞKAN² 

¹ Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli, Türkiye

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 23000, Elazığ, Türkiye

 <https://doi.org/10.55007/dufed.1271821>

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihi

Alınış, 27 Mart 2023

Revize, 31 Mayıs 2023

Kabul, 09 Haziran 2023

Online Yayınlama, 01 Ekim 2023

Anahtar Kelimeler

*Tek fazlı matris dönüştürücü,
Kontrollü doğrultucu, Frekans
dönüştürücü, Toplam harmonik
bozulma*

ARTICLE INFO

Article History

Received, 27 March 2023

Revised, 31 May 2023

Accepted, 09 June 2023

Available Online, 01 October 2023

Keywords

*Single phase matrix converter,
Controlled rectifier, Frequency
changer, Total harmonic
distortion.*

ÖZ

Bu çalışmada, tek bir parametrenin değiştirilmesi ile hem doğrultucu hem de frekans dönüştürücü olarak çalıştırılabilen Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün (TFMD), giriş akımındaki Toplam Harmonik Bozulmanın (THD) azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, MATLAB/Simulink'te modellenen TFMD'nin girişine bir alçak geçiren filtre eklenmiştir. Bu filtrenin eklenmesi ile doğrultucu modda ve frekans dönüştürücü modda giriş akımının THD'si, %5'in altına düşürülerek 519-1192 ve 1159-1995 IEEE standartlarına uygun hale getirilmiştir.

ABSTRACT

The objective of this research was to mitigate the Total Harmonic Distortion (THD) present in the input current of a Single-Phase Matrix Converter (SPMC), which can function as both a rectifier and a frequency converter through the adjustment of a singular parameter. To accomplish this objective, a low-pass filter was integrated into the input of the SPMC that had been modeled in MATLAB/Simulink. As a result of the incorporation of this filter, the THD of the input current, both in rectifier and frequency converter modes, was reduced to below 5%. This outcome ensures that the SPMC aligns with the requirements set forth by the IEEE standard 519-1192 and 1159-1995.

***Sorumlu Yazar**

E-posta Adresleri: merveboydak@munzur.edu.tr (Merve ERTARĞIN), aorhan@firat.edu.tr (Ahmet ORHAN),

acaliskan@firat.edu.tr (Abuzer ÇALIŞKAN)

1. GİRİŞ

Güç elektroniği, transistörler, tristörler, diyotlar ve diğer elektronik devre elemanlarını kullanarak elektrik gücünün dönüştürülmesi ve kontrolü ile ilgilenen bir elektrik mühendisliği dalıdır. Güç üretimi, iletimi ve dağıtımı dâhil olmak üzere birçok endüstriyel uygulamanın yanı sıra motor kontrolü, yenilenebilir enerji ve elektrikli araçlarda kritik bir rol oynar.

Güç elektroniği, malzeme taşıma, pompalama ve hava sıkıştırma gibi çeşitli endüstriyel işlemlerde yaygın olarak kullanılan elektrik motorlarının hız ve momentini kontrol etmek için kullanılır. Güç elektroniği, çeşitli elektrikli ekipman ve makinelerin güç beslemesini düzenlemek için endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemlerinde de kullanılır. Genel olarak, güç elektroniği, birçok endüstriyel uygulama için gerekli bir teknolojidir ve verimliliği artırmaya, enerji tüketimini azaltmaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mümkün kılmaya yardımcı olur. Endüstride, özellikle düşük kayıplı, yüksek güç faktörlü ve düşük harmonikli güç elektroniği sistemleri tercih edilmektedir.

Yapılarında bulunan çift yönlü anahtarlar, TFMD'lerin enerjiyi çift yönlü aktarmasına imkân sağlar. Bu dönüştürücüler, sinüoidal giriş ve çıkış dalga şekilleri, geleneksel AA/AA dönüştürücülerdeki DA bağlantıyı ortadan kaldırması ve böylece kompakt boyutlu oluşlarından dolayı son yıllarda giderek artan bir ilgi görmektedir. TFMD'ler anahtarlama stratejileri ayarlanarak frekans dönüştürücü [1-4], doğrultucu [5-7] ve çoklu modda [8-10] çalıştırılabilirler.

Sera gazı (GHG) emisyonları, genellikle enerji ihtiyaçları için fosil yakıtların yakılmasıyla ilişkilendirilen istenmeyen yan ürünlerdir. GHG emisyonlarından kaynaklanan iklim değişikliğinin şiddeti tehdit edici bir seviyeye ulaşmıştır [11]. Ulaştırma sektörü, çoğunlukla kentsel bölgelerde GHG emisyonları nedeniyle iklim değişikliğine sebep olan hava kirliliğine önemli bir etkidir. [12]. İçten yanmalı araçların elektrikli araçlar gibi yeni nesil araçlarla değiştirilmesi, kentsel sürdürülebilirliği öngörmek için umut verici bir adım gibi görünmektedir [11,12]. TFMD'lerin elektrikli araçlarda kablosuz enerji aktarımında kullanılmasına ilişkin yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur [13-15].

İndüksiyon ısıtma yüksek verimlilik, azaltılmış ısıtma süresi ve çevre dostu olma gibi avantajları nedeniyle ilgi görmeye başlamıştır [16]. İndüksiyonla ısıtma sistemleri, eritme, dövme, sertleştirme, lehimleme, kaynak gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda ve pişirme, kaynatma gibi evsel uygulamalarda kullanılmaktadır [17]. Geleneksel indüksiyonla ısıtma sistemleri yüksek frekanslı manyetik alan oluşturmak için AA'dan DA'ya ve ardından DA'dan yüksek frekanslı AA'ya olmak üzere iki aşamalı dönüşüm kullanır [16, 17]. Birim güç faktörüne ve sinüzoidal giriş akımına sahip doğrudan dönüştürücü ihtiyacı nedeniyle TFMD'lerin indüksiyonla ısıtma sistemlerinde kullanılması konusunda bazı çalışmalar yapılmıştır [16-19].

Birçok avantajları olan ve güncel konularda kullanım alanına sahip TFMD'lerin harmoniklerinin azaltılması önemli bir konu haline gelmiştir. Elektrikte harmonikler şu şekilde tanımlanır (IEEE 1159-1995): "Harmonikler, besleme sisteminin çalışmak üzere tasarlandığı frekansın tamsayı katları olan frekanslara sahip sinüzoidal gerilimler veya akımlardır". IEEE Standardı 519-1192 ve 1159-1995'e göre toplam harmonik bozulmanın %5'in altında olması gerekmektedir. TFMD'lerin giriş ve çıkış harmonik bozulmalarını azaltmak amacıyla alçak geçiren filtrelerden yararlanan bazı çalışmalar literatürde mevcuttur [20-24]. Alçak geçiren filtre, yüksek frekanslı sinyalleri zayıflatırken veya bloke ederken düşük frekanslı sinyallerin geçmesine izin veren filtre çeşididir. Elektronik devrelerde istenmeyen yüksek frekanslı gürültüyü gidermek veya gürültülü bir giriş sinyalinden düşük frekanslı sinyalleri çıkartmak için yaygın olarak kullanılır. Alçak geçiren bir filtrenin çalışması, kapasitif veya endüktif reaktans ilkesine dayanır. Filtre devresindeki bir kapasitör veya bir indüktör, frekansa bağlı bir direnç görevi görerek düşük frekanslı sinyallerin geçmesine izin verirken yüksek frekanslı sinyalleri bloke eder.

Zin *et al.* [20]'un çalışmalarında AA-AA dönüşümü yapan TFMD'nin, kapalı çevrim gerilim kontrolü ile giriş akımı ve çıkış geriliminin toplam harmonik bozulması azaltılmıştır. Bu çalışma girişte RL ve çıkışta LC filtre ile desteklenmiştir. Giriş akımının %THD'si %2,72'ye ve çıkış geriliminin %THD'si %3,29'a düşürülmüştür. Gerilim dönüştürme oranının ise yaklaşık olarak 1 olduğu görülmüştür. Nayak ve Mishra [21] ile Nayak *et al.* [22]'in çalışmalarında ise, AA-AA dönüşümü yapan TFMD'nin girişine LC filtre eklenerek ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılarak, giriş ve çıkış harmonik değerleri incelenmiştir. Giriş akımının %THD değeri %1'in altına düşürülmüştür. Ancak girişte LC filtre olmasına ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılmasına rağmen 50 Hz üstü çıkış frekanslarında çıkış geriliminin %THD'si %60'ın üzerindedir.

Baharom ve Hamzah [23]'ün çalışmasında, kontrollü doğrultucu modda çalıştırılan TFMD'nin girişine LC filtre eklenerek ve kapalı çevrim akım kontrolü yapılarak, giriş akımının %THD'si %4'ün altına düşürülmüştür. Megat Yunus ve Hamzah [24]'ün çalışmasında, kontrollü doğrultucu modda çalıştırılan TFMD'nin çıkışına LC filtre ve R sönümlenme direnci eklenerek giriş akımının %THD'si %18,09'a ve çıkış geriliminin %THD'si %8'e düşürülmüştür.

Bu çalışmada amaç, Boydak [10] tarafından geliştirilen sürücü devre sayesinde tek bir parametrenin değişimi ile frekans dönüştürücü ve doğrultucu modda çalıştırılan çok modlu TFMD'nin giriş harmoniklerini azaltmaktır. TFMD'nin girişine eklenen alçak geçiren RL filtre ile akım harmonikleri azaltılarak oluşacak piklerin önüne geçilmiştir. Ayrıca bu çalışmada giriş frekansının tam katı olmayan çıkış frekans değerleri incelenerek literatürdeki TFMD çalışmalarına katkı sağlanmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde TFMD'lerin avantajları ve bazı kullanım alanları üzerinde durulmuş ve TFMD'nin farklı modlarda giriş harmoniklerinin azaltılmasına ilişkin literatürdeki çalışmalara değinilmiştir. İkinci bölümde, TFMD'lerin çift yönlü anahtarlardan oluşan yapısı anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, SPWM tekniği açıklanmış ve bu teknik uygulandığında oluşacak anahtarlama sinyalleri verilmiştir. Dördüncü bölümde TFMD'lerdeki en büyük problem olan komutasyon probleminin neden olduğu ve nasıl önlenebileceği hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde TFMD'lerin kontrollü doğrultucu ve frekans dönüştürücü modda çalıştırılmasına ilişkin güvenli komutasyon stratejileri açıklanmıştır. Altıncı bölümde, beşinci bölümde açıklanan stratejilerin bileşiminden oluşan ve tek bir parametrelerinin değiştirilmesi ile her iki modda da çalıştırılabilen TFMD sürücü devresinin yapısı hakkında bilgiler sunulmuş ve girişe RL filtre eklenmesi ile gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan çalışmanın önemi ve literatüre katkısı vurgulanmıştır.

2. TEK FAZLI MATRİS DÖNÜŞTÜRÜCÜ

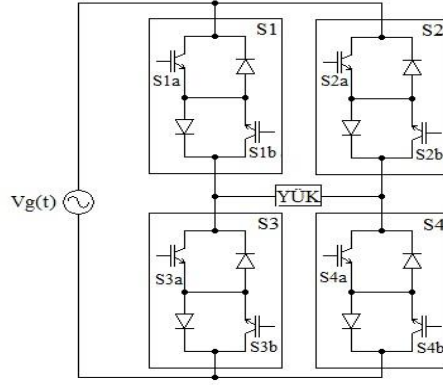
Tek fazlı matris dönüştürücü, tek fazlı bir AA gerilimi değişken genlik ve frekanslı bir AA gerilime dönüştürebilen güç elektroniği devresidir. TFMD'yi ilginç kılan, geleneksel AA-AA dönüştürücülerin aksine, bu dönüşümü gerçekleştirmek için büyük hacimli kapasitörler veya indüktörler gerektirmemesidir. Bunun yerine, AA giriş gerilimini doğrudan istenen çıkış gerilimine dönüştürmek için bir çift yönlü anahtar matrisi kullanır. Matris dönüştürücülerde, anahtarlama stratejileri kontrol edilerek, çıkış geriliminin hem genliği hem de frekansı ayarlanabilir ve bu TFMD'yi çeşitli uygulamalar için cazip hale getirir.

Genel olarak TFMD'ler, geleneksel AA-AA dönüştürücülere göre daha yüksek verimlilik, daha düşük maliyet, çıkış gerilimi ve frekans kontrolü açısından daha fazla esneklik dâhil olmak üzere bir dizi avantaj sunan önemli bir dönüştürücü yapısıdır.

Şekil 1'de 4 adet çift yönlü anahtar ile oluşturulan TFMD gösterilmiştir. Denklem 1 ve Denklem 2 TFMD'nin giriş gerilimini ve çıkış gerilimini vermektedir. Denklemlerde, giriş "g" indisi ile, çıkış "ç" indisi ile ifade edilmektedir.

$$V_g(t) = V_{gm} \sin(\omega_g t) \quad (1)$$

$$V_\ç(t) = V_{\ç m} \sin(\omega_\ç t) \quad (2)$$



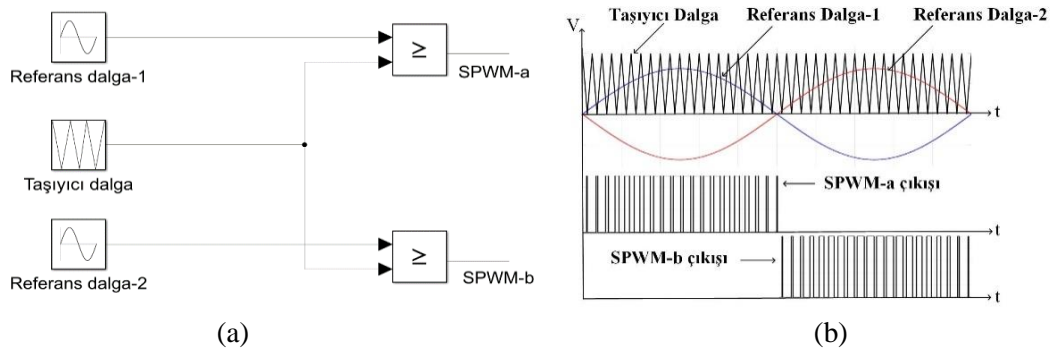
Şekil 1. Emiterleri ortak çift yönlü anahtarlar kullanılarak oluşturulan TFMD

3. SİNÜZOİDAL DARBE GENİŞLİK MODÜLASYONU

SPWM tekniği, referans sinyal olan düşük frekanslı bir sinüs dalga ile taşıyıcı sinyal olan yüksek frekanslı bir üçgen dalganın karşılaştırılması ile uygulanır. Karşılaştırma sonucu oluşan kesişim noktaları anahtarlama anlarını belirler. Sinüzoidal sinyalin genliği V_r 'nin, üçgen sinyalin genliği V_t 'den büyük olduğu aralıklarda PWM çıkışı 1 olur, aksi durumda ise PWM çıkışı 0 olur. Denklem 3'te verildiği gibi, V_r 'nin V_t 'ye oranı modülasyon indeksini (M_i) verir. Çıkış geriliminin genliği M_i değiştirilerek istenen değere ayarlanabilir.

$$M_i = \frac{V_r}{V_t} \quad (3)$$

Şekil 2 (a)'da SPWM tekniği uygulamak için oluşturulan Simulink modeli ve Şekil 2 (b)'de SPWM tekniği ile oluşturulan SPWM-a ve SPWM-b sinyalleri gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) SPWM sinyallerinin elde edilmesi için oluşturulan Simulink modeli (b) SPWM ile elde edilen anahtarlama sinyalleri

4. KOMUTASYON PROBLEMİ

Komutasyon problemi, matris dönüştürücülerde anahtarlama anlarındaki zaman gecikmeleri nedeniyle ortaya çıkan bir problemdir. Bu zaman gecikmeleri, TFMD’lerde kullanılan güç anahtarlarının kesime girme süresinin iletme geçme süresinden daha uzun olmasından kaynaklanır. Bu durum, anahtarların aynı anda iletim durumunda olmasına yol açar ve indüktansta gerilim piklerinin indüklenmesine sebep olur. Sonuç olarak, matris devrelerinin çalışma verimliliğini düşürür ve güç kaybına neden olur. Bu olumsuzlukları önlemek amacıyla geliştirilen bir anahtarlama stratejisi ile iletim durumunda olan anahtarlar kesim durumuna geçtiğinde, kesim durumundaki anahtarlar iletim durumuna geçmeden, akım akışını komutasyon anahtarları t_d ölü zaman süresince devam ettirmektedir.

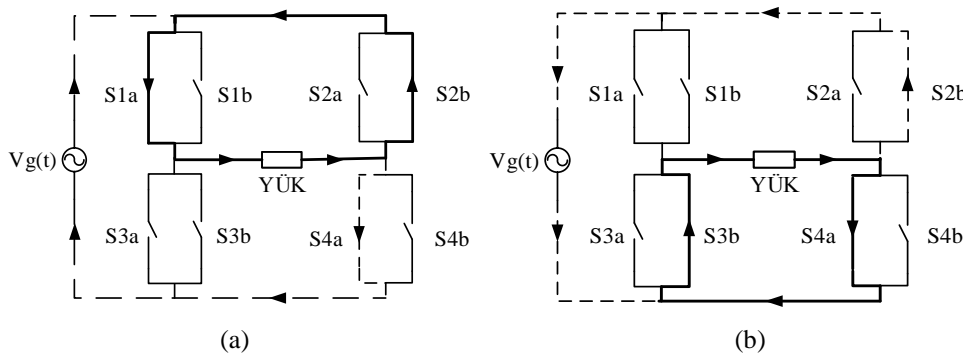
5. MATERYAL VE METOT

5.1 Tek Fazlı Matris Dönüştürücüyü Kontrollü Doğrultucu Modda Çalıştırmak için Uygulanan Güvenli Komutasyon Yöntemi

Doğrultucularda, çıkış geriliminin giriş geriliminden bağımsız olarak pozitif olması gerekmektedir. TFMD’de bunu sağlamak amacıyla, seçilen PWM ve komutasyon anahtarları Tablo 1’de, akımın akış yönleri ise Şekil 3’te gösterilmiştir [5]. Komutasyon anahtarlarına kare dalga uygulanmış böylece PWM çıkışı 0 olduğu durumda akım akışının devamlılığı sağlanmıştır.

Tablo 1. Kontrollü doğrultucu modunda iletimde olan PWM ve komutasyon anahtarları

Giriş gerilimi	Çıkış gerilimi	PWM anahtarı	Komutasyon anahtarı
+	+	S4a	S1a-S2b
-	+	S2b	S3b-S4a

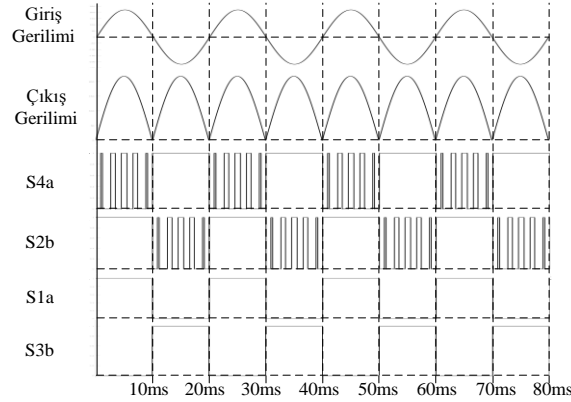


Şekil 3. Kontrollü doğrultucu (a) Pozitif alternans (b) Negatif alternans

Giriş gerilimi pozitif iken, pozitif bir çıkış gerilimi elde etmek amacıyla S1a-S4b anahtarları ile akım akışı sağlanmıştır. S4a anahtarı kesime girdiği durumda S1a-S2b anahtarları ile akım akışı sürdürülür.

Giriş gerilimi negatif iken, pozitif bir çıkış gerilimi elde etmek amacıyla S3b-S2b anahtarları ile akım akışı sağlanmıştır. S2b anahtarı kesime girdiği durumda S3b-S4a anahtarları ile akım akışı sürdürülür.

Şekil 4'te giriş gerilimi, çıkış gerilimi ve anahtarlara uygulanması gereken sinyaller gösterilmiştir.



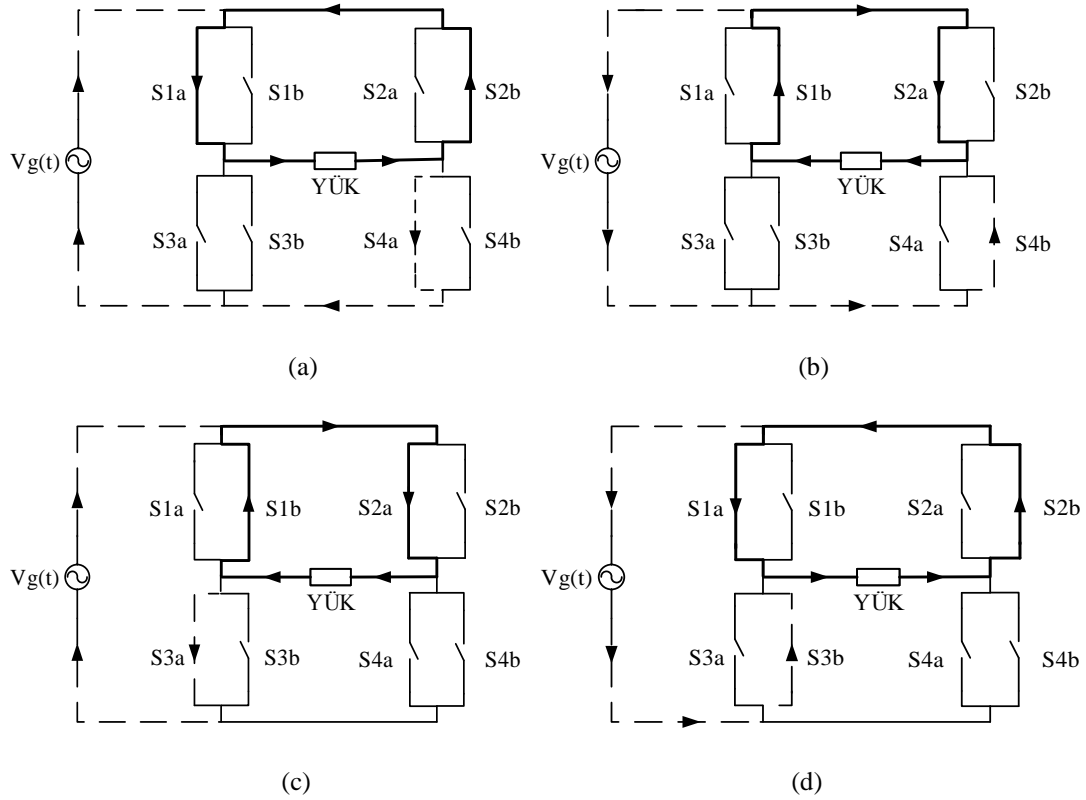
Şekil 4. Kontrollü doğrultucu için anahtarlama algoritması

5.2 Tek Fazlı Matris Dönüştürücüyü Frekans Dönüştürücü Modda Çalıştırmak için Uygulanan Güvenli Komutasyon Yöntemi

TFMD'yi güvenli komutasyon stratejisi ile frekans dönüştürücü modda çalıştırmak için seçilen PWM anahtarları ve komutasyon anahtarları her bir giriş ve çıkış gerilimi için Tablo 2'de verilmiş ve akım yönleri Şekil 5'te gösterilmiştir [2]. Burada çıkışta istenen frekans değeri, sürme devresindeki SPWM darbe üreticinin frekansı olarak girilmelidir.

Tablo 2. Frekans dönüştürücü modunda iletimde olan PWM ve komutasyon anahtarları

Giriş gerilimi	Çıkış gerilimi	Durumlar	PWM anahtarı	Komutasyon anahtarı
+	+	1	S4a	S1a-S2b
-	-	2	S4b	S1b-S2a
+	-	3	S3a	S1b-S2a
-	+	4	S3b	S1a-S2b

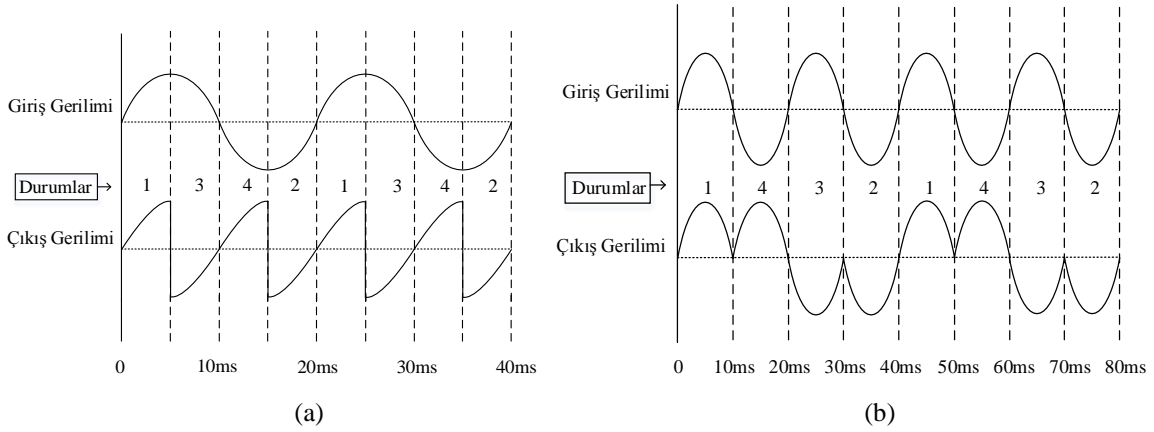


Şekil 5. Frekans dönüştürücü (a) Durum-1 (b) Durum-2 (c) Durum-3 (d) Durum-4

Buna göre,

- Giriş gerilimi (+) alternansta iken çıkış geriliminin (+) olması isteniyorsa Durum-1;
- Giriş gerilimi (-) alternansta iken çıkış geriliminin (-) olması isteniyorsa Durum-2;
- Giriş gerilimi (+) alternansta iken çıkış geriliminin (-) olması isteniyorsa Durum-3;
- Giriş gerilimi (-) alternansta iken çıkış geriliminin (+) olması isteniyorsa Durum-4'teki anahtarlar kullanılarak akım akışı sağlanmalıdır.

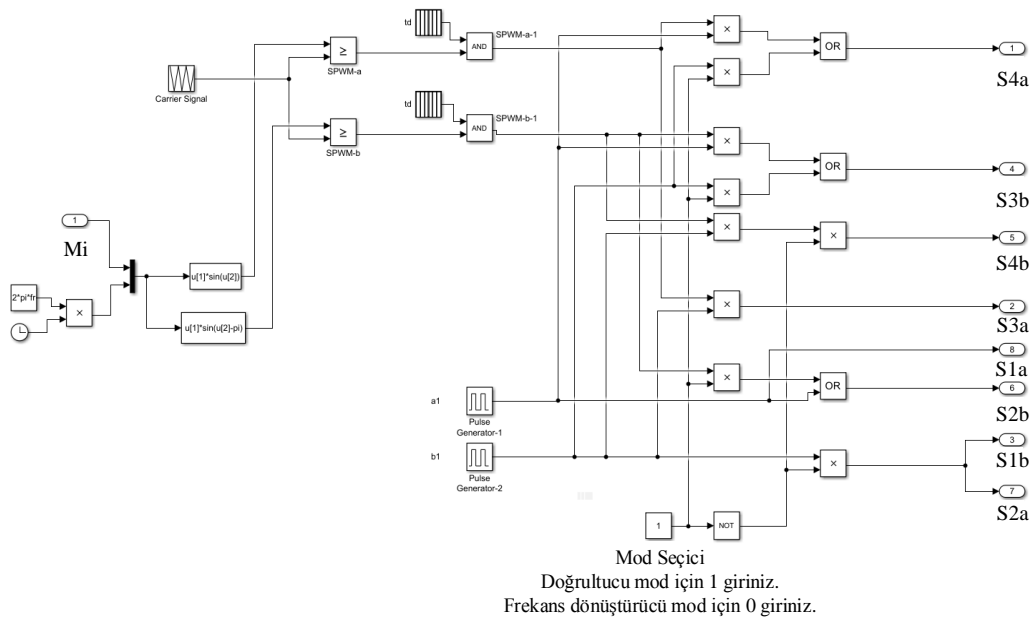
Şekil 6 (a)'da 50 Hz'lik giriş frekansına sahip bir giriş geriliminden 100 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi; Şekil 6 (b)'de 50 Hz'lik giriş frekansına sahip bir giriş geriliminden 25 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi elde etmek için kullanılacak anahtarlama örüntüsü verilmiştir.



Şekil 6. (a) 100 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi için (b) 25 Hz frekansa sahip çıkış gerilimi için anahtarlama örüntüsü

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

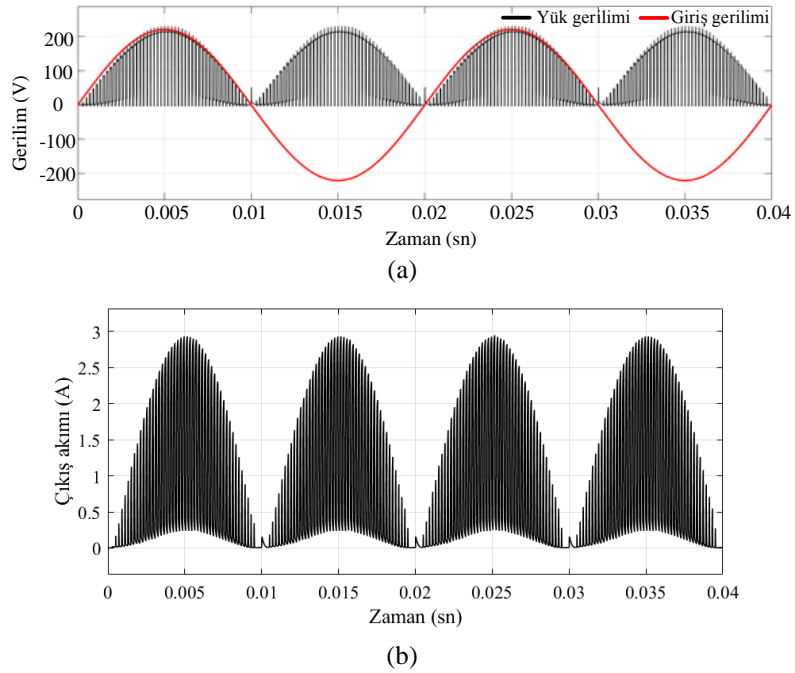
Her iki modda da çalışabilen TFMD'nin, Simulink kullanılarak oluşturulan sürücü devresi Şekil 6'da verilmiştir. TFMD'yi kontrollü doğrultucu ve frekans dönüştürücü olarak her iki modda çalıştırabilmek amacıyla sürücü devreye lojik kapılar ve constant bloğu eklenmiştir. Devrenin hangi modda çalışacağını constant bloğunun değeri belirler. Eğer bloğun değeri 1 ise, TFMD kontrollü doğrultucu modda çalışır. Eğer bloğun değeri 0 ise, TFMD frekans dönüştürücü modda çalışır. Frekans dönüştürücü modunda, çıkış geriliminin istenen frekans değeri, sürücü devresindeki darbe üreticinin frekansı olarak girilir. PWM anahtarlarına, [25]'te açıklanan yöntemle göre ölü zaman eklenir. Böylece TFMD'den istenilen çıkış frekansı, giriş frekansı değerinden bağımsız yapılır.



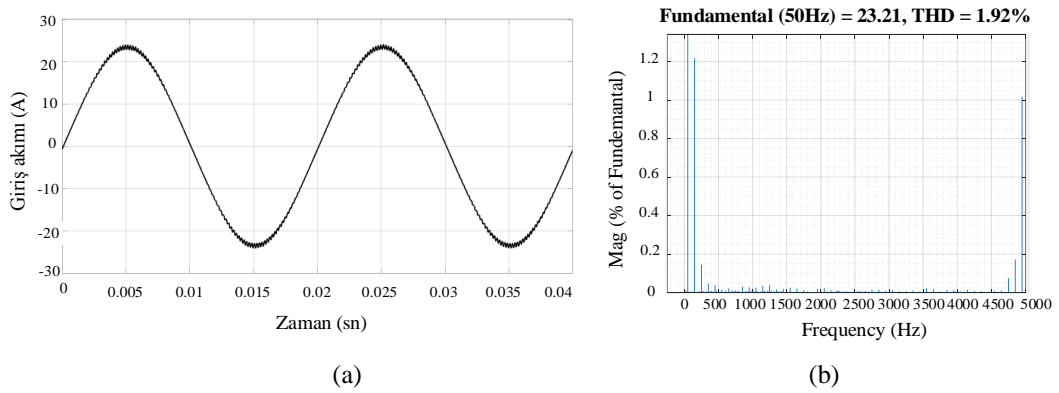
Şekil 6. Çok modlu çalışan TFMD'nin sürücü devresi

Simülasyonda giriş gerilimi 220 V, giriş geriliminin frekansı ve sürme devresindeki referans dalgalının frekansı 50 Hz alınmıştır. Yük olarak $R = 70 \Omega$ ve $L = 1 \text{ mH}$ değerleri kullanılmıştır. TFMD'nin girişine, giriş akımı harmoniklerini azaltmak amacıyla eklenen alçak geçiren filtrede $R=10 \Omega$ ve $L=1 \text{ mH}$ 'dir. $M_i=0,5$ değerine ayarlanarak 5 kHz anahtarlama frekansında sonuçlar alınmıştır.

Mod değiştirme işlevi olan constant bloğunun değeri 1 olarak girilerek doğrultucu mod için sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 7'de TFMD'nin giriş gerilimi, doğrultulmuş yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 8'de ise giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Buna göre, girişe eklenen RL filtre ile giriş akımının %THD'si %1,92'ye düşürülmüştür.



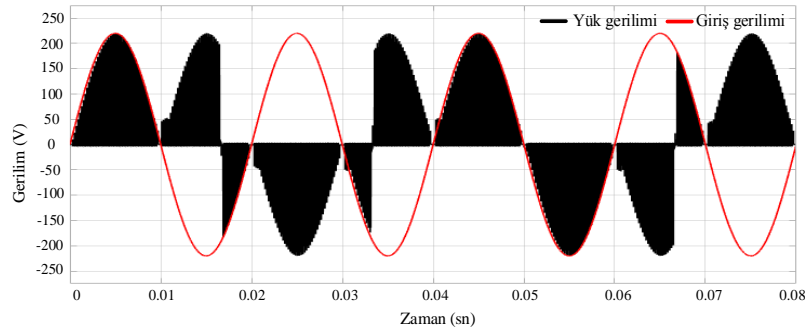
Şekil 7. Kontrollü doğrultucu modunda çalışan TFMD'nin (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı



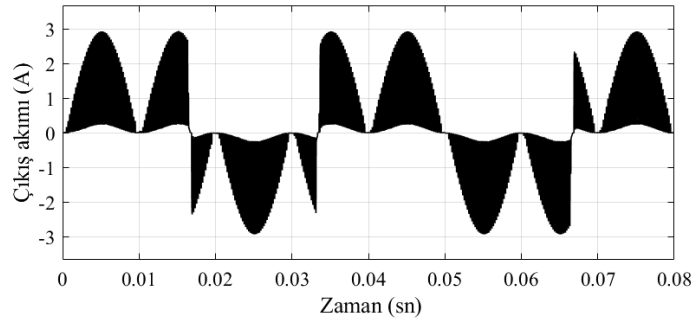
Şekil 8. Kontrollü doğrultucu modunda TFMD'nin (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrum

Mod değiştirme bloğunun değeri 0 olarak girilerek frekans dönüştürücü çalışmaya ilişkin simülasyon sonuçları alınmıştır.

Şekil 9'da 30 Hz'lik çıkış frekansı (f_c) değeri için, TFMD'nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 10'da giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Giriş akımının harmonik spektrumu incelendiğinde, giriş akımının ana harmoniğinin tepe değerinin 23.16 A ve giriş akımının toplam harmonik bozulmasının %2,06 değerinde olduğu görülmektedir. Yük gerilimine bakıldığında kullanılan güvenli komutasyon stratejisi sayesinde ani bir gerilim yükselmesi olmadığı görülmektedir.

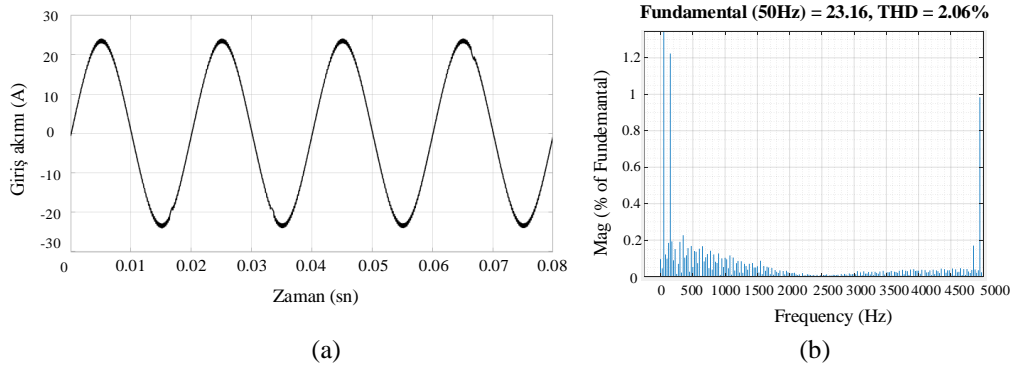


(a)



(b)

Şekil 9. Frekans dönüştürücü modu $f_c=30$ Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı

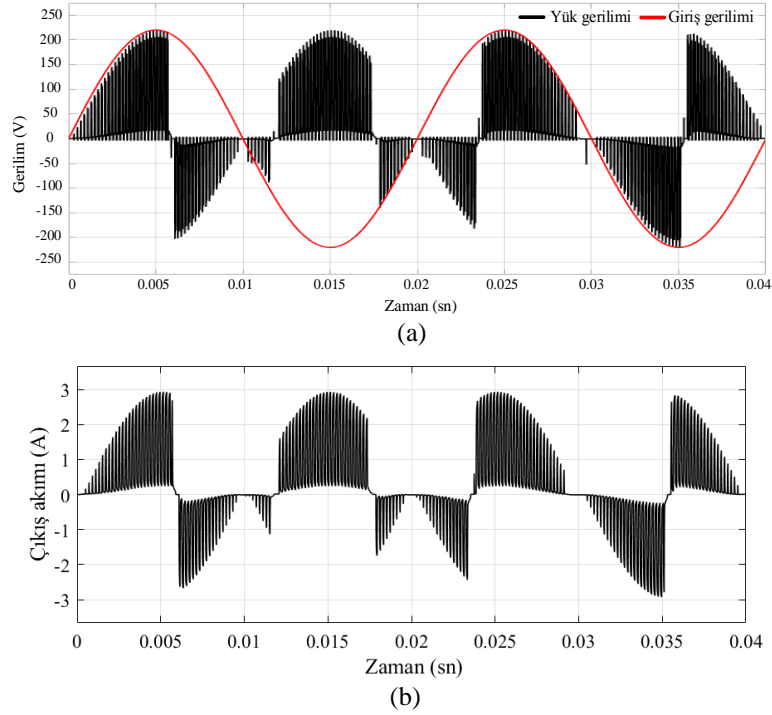


(a)

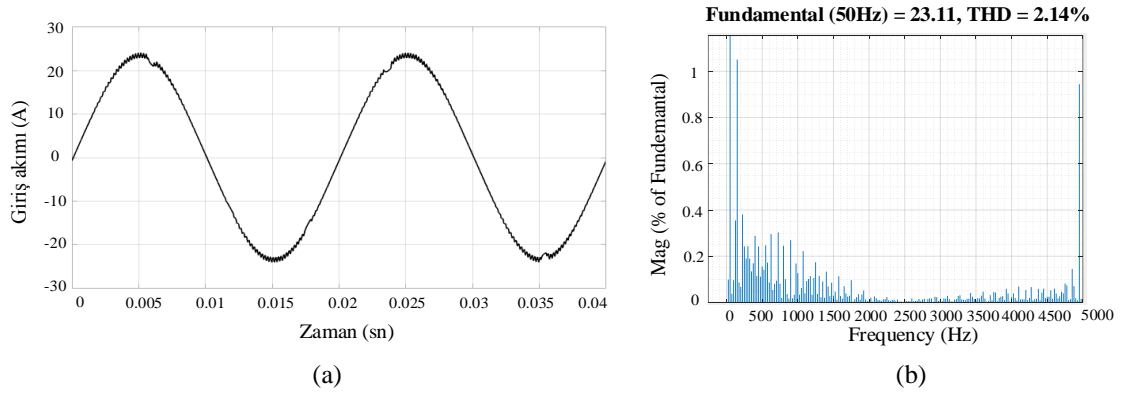
(b)

Şekil 10. Frekans dönüştürücü modu $f_c=30$ Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Şekil 11’de 85 Hz’lik f_c değeri için, TFMD’nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 12’de giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir. Giriş akımının ana harmoniğinin tepe değeri 23.11 A ve giriş akımının toplam harmonik bozulması %2,14 değerindedir. 85 Hz frekanslı çıkış geriliminde, kullanılan güç anahtarlarına zarar verecek ani gerilim yükselmeleri yaşanmamıştır.

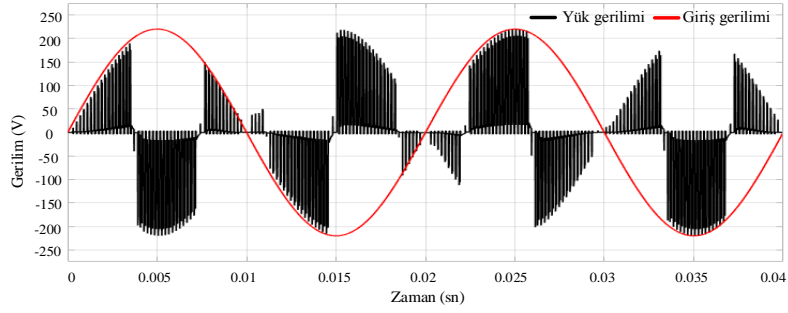


Şekil 11. Frekans dönüştürücü modu $f_c=85$ Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı

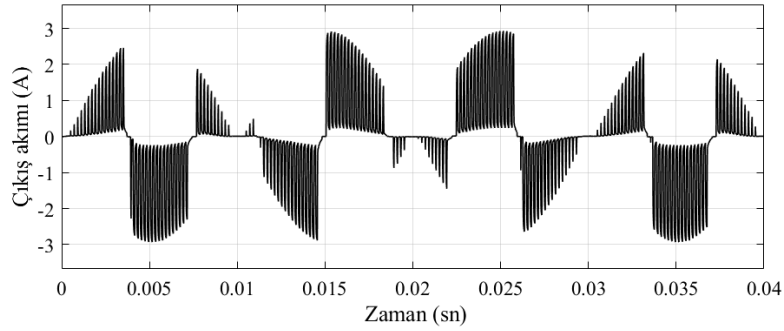


Şekil 12. Frekans dönüştürücü modu $f_c=85$ Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Şekil 13’te 135 Hz’lik f_c değeri için, TFMD’nin giriş gerilimi, yük gerilimi ve çıkış akımı, Şekil 14’te giriş akımı ve giriş akımının harmonik spektrumu verilmiştir.

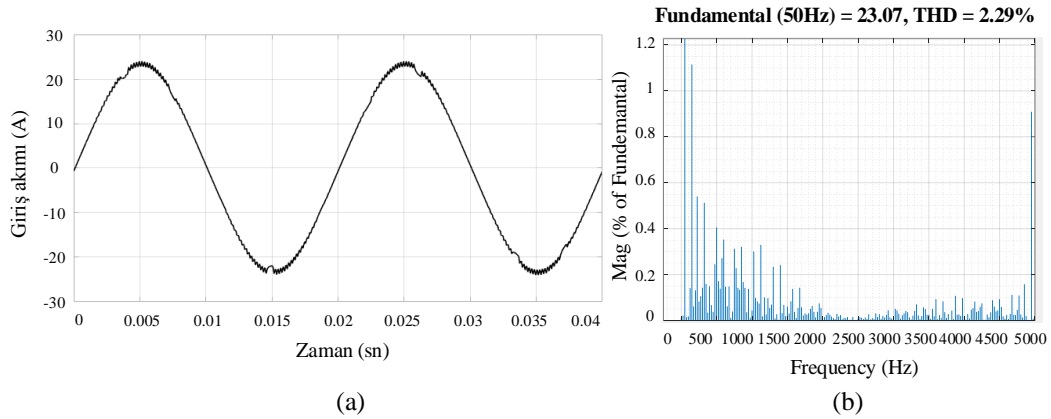


(a)



(b)

Şekil 13. Frekans dönüştürücü modu $f_c=135$ Hz için (a) Giriş gerilimi ve yük gerilimi (b) Çıkış akımı



(a)

(b)

Şekil 14. Frekans dönüştürücü modu $f_c=135$ Hz için (a) Giriş akımı (b) Giriş akımına ilişkin harmonik spektrumu

Frekans dönüştürücü mod için verilen sonuçlar incelendiğinde, giriş frekansı değerinin tam katı olmayan çıkış frekansı değerlerinde ani gerilim ve akım artışlarının önlenildiği ve THD'nin %5'in altında tutulduğu görülmektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmada, TFMD'nin çok modlu çalışması incelenmiştir. Kullanılan güvenli komutasyon stratejisi ile RL yükte oluşan ani gerilim yükselmeleri önlenmiştir. TFMD'nin girişine eklenen alçak geçiren filtre ile hem doğrultucu hem de frekans dönüştürücü modda, giriş akımının THD'si %5'in

altına düşürülerek IEEE standartlarına uygun hale getirilmiştir. Bu çalışma, giriş frekansının tam katı olmayan çıkış frekansı değerlerinde çıkış gerilimindeki ani artışların önlenmesi ve giriş harmoniklerinin azaltılması açısından TFMD'nin çok modlu çalışması ile ilgili literatüre katkıda bulunmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Merve ERTARĞIN, Ahmet ORHAN ve Abuzer ÇALIŞKAN çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

ETİK BEYANI

Bu çalışmada, yazarlar “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamındaki tüm kurallara uyduklarını, ilgili yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” olarak belirtilen başlığı altındaki eylemlerden hiçbirini gerçekleştirmediklerini taahhüt ederler.

YAZARLARIN KATKILARI

Merve ERTARĞIN: Metodoloji, görselleştirme, analiz, yazma-inceleme ve düzenleme, doğrulama. Ahmet ORHAN: Gözetim ve liderlik sorumluluğu, inceleme, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme. Abuzer ÇALIŞKAN: Metodoloji, inceleme, doğrulama, gözden geçirme ve düzenleme.

KAYNAKLAR

- [1] Z. Idris, S. Z. Mohammad Noor and M. K. Hamzah, "Safe Commutation Strategy in Single Phase Matrix Converter," 2005 International Conference on Power Electronics and Drives Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005, pp. 886-891, doi: 10.1109/PEDS.2005.1619813.
- [2] Z. Idris, M. K. Hamzah and N. R. Hamzah, "Modelling & Simulation of a new Single-phase to Single-phase Cycloconverter based on Single-phase Matrix Converter Topology with Sinusoidal Pulse Width Modulation Using MATLAB/Simulink," 2005 International Conference on Power Electronics and Drives Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005, pp. 1557-1562, doi: 10.1109/PEDS.2005.1619936.
- [3] V. Gidhavani and V. J. Rupapara, "Single Phase Cycloconverter Based on Matrix Converter Topology," *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*, 3(01), pp. 238-241, 2015.
- [4] V. Luhana and P. Vasovala, "Single Phase Matrix Converter," *International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD)*, 5(10), pp. 765-766, 2017.

- [5] R. Baharom, A. S. A. Hasim, M. K. Hamzah and M. F. Omar, "A New Single-Phase Controlled Rectifier Using Single-Phase Matrix Converter," 2006 IEEE International Power and Energy Conference, Putra Jaya, Malaysia, 2006, pp. 453-458, doi: 10.1109/PECON.2006.346694.
- [6] S. Z. M. Noor, R. Baharom, M. K. Hamzah and N. R. Hamzah, "Safe-commutation strategy for controlled rectifier operation using single-phase matrix converter," 2009 International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS), Taipei, Taiwan, 2009, pp. 1026-1029, doi: 10.1109/PEDS.2009.5385720.
- [7] R. Baharom, M. K. Hamzah, A. Saparon, S. Z. M. Noor and N. R. Hamzah, "A New Single-Phase Controlled Rectifier using Single-Phase Matrix Converter with Regenerative Capabilities," 2007 7th International Conference on Power Electronics and Drive Systems, Bangkok, Thailand, 2007, pp. 1477-1482, doi: 10.1109/PEDS.2007.4487899.
- [8] P. K. Gujarathi, S. B. Mohite and B. T. Deshmukh, "A novel single phase multimode matrix converter," 2007 IET-UK International Conference on Information and Communication Technology in Electrical Sciences (ICTES 2007), Chennai, India, 2007, pp. 196-199.
- [9] S. B. Mohite and P. K. Gujarathi, "A design and implementation of a novel multimode single phase matrix converter," SPEEDAM 2010, Pisa, Italy, 2010, pp. 1227-1230, doi: 10.1109/SPEEDAM.2010.5542053.
- [10] M. Boydak, "Tek fazlı matris dönüştürücünün çalışma modlarının incelenmesi," Yüksek lisans tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2019.
- [11] J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan and N. Mithulanathan, "A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, pp. 365-385, 2015.
- [12] R. R. Kumar and K. Alok, "Adoption of electric vehicle: A literature review and prospects for sustainability," *Journal of Cleaner Production*, 253, 119911, 2020.
- [13] R. Baharom, M. F. Bin Muhili and K. S. Muhammad, "Grid to Vehicle Wireless Power Transfer using Single Phase Matrix Converter (SPMC)," 2021 IEEE Industrial Electronics and Applications Conference (IEACon), Penang, Malaysia, 2021, pp. 35-40, doi: 10.1109/IEACon51066.2021.9654497.
- [14] B. Vardani and N. R. Tummuru, "Bidirectional Wireless Power Transfer Using Single Phase Matrix Converter for Electric Vehicle Application," TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Kochi, India, 2019, pp. 1523-1528, doi: 10.1109/TENCON.2019.8929288.
- [15] C. Vidal, L. Tarisciotti, M. Díaz, R. Cárdenas, J. Rodríguez and P. Wheeler, "Application of a Single-Phase Matrix Converter for Electric Vehicle Charging," 2022 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), San Juan, Argentina, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ARGENCON55245.2022.9940150.
- [16] A. Kumar, P. Kumar Sadhu, D. Kumar Mohanta and M. J. Bharata Reddy, "An effective switching algorithm for single phase matrix converter in induction heating applications," *Electronics*, 7(8), 149, 2018.
- [17] P. Umasankar and S. Senthilkumar, "Fuzzy logic control of single phase matrix converter fed induction heating system," *International Journal of Engineering and Technology*, 6(3), 2014.

- [18] N. Nguyen-Quang, D. A. Stone, C. M. Bingham and M. P. Foster, "Single phase matrix converter for radio frequency induction heating," International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2006. SPEEDAM 2006., Taormina, Italy, 2006, pp. 614-618, doi: 10.1109/SPEEDAM.2006.1649844.
- [19] B. Nayak, B. Misra and R. Mishra, "Performance improvement of single phase matrix converter using band pass filter for induction heating," 2017 2nd International Conference on Communication Systems, Computing and IT Applications (CSCITA), Mumbai, India, 2017, pp. 263-268, doi: 10.1109/CSCITA.2017.8066565.
- [20] M. F. M. Zin, N. Hamzah and M. N. Seroji, "Voltage controlled SPMC with unity voltage conversion ratio and low total harmonic distortion," 2014 2nd International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE), Kuala Lumpur, Malaysia, 2014, pp. 140-145, doi: 10.1109/ICEESE.2014.7154595.
- [21] B. Nayak and R. Mishra, "Input Current Shaping of Single Phase Matrix Converter by Designing LC Filter with Closed Loop Technique," *International Journal of Circuits and Electronics*, vol. 1, pp. 8-22, 2016.
- [22] B. Nayak, R. Mishra and P. Das, "Design of LC filter with closed loop technique to shape input current of single phase matrix converter," 2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), Coimbatore, India, 2017, pp. 1-8, doi: 10.1109/ICECCT.2017.8117989.
- [23] R. Baharom and M. K. Hamzah, "A New Single-Phase Controlled Rectifier Using Single-Phase Matrix Converter Topology Incorporating Active Power Filter," 2007 IEEE International Electric Machines & Drives Conference, Antalya, Turkey, 2007, pp. 874-879, doi: 10.1109/IEMDC.2007.382784.
- [24] P. N. A. Megat Yunus and M. K. Hamzah, "Safe Commutation for an AC-DC Single-Phase Matrix Converter (SPMC) with Combination of LC Filter and Damping Resistor," IEEE International Conference on Power and Energy, Kota Kinabalu Sabah, Malaysia, Dec. 2-5, 2012, pp. 570-575.
- [25] N. Pirinççi and A. Orhan, "A New Approach for a Single-Phase Matrix Converter Operating as Frequency Changer," 2019 4th International Conference on Power Electronics and their Applications (ICPEA), Elazığ, Turkey, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICPEA1.2019.8911183.