

Tek Fazlı Z-Kaynaklı Matris Dönüştürücü Modellenmesi ve Simülasyonu

Zeynep Bala Duranay*, Hanifi Güldemir

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

* zbduranay@firat.edu.tr^{ID}, hguldemir@firat.edu.tr^{ID}

Makale gönderme tarihi: 13.01.2023, Makale kabul tarihi: 26.05.2023

Öz

Bu makalede, değişken bir çıkış gerilimi ve kademeli olarak değişen bir çıkış frekansı elde etmek için tek fazlı matris dönüştürücü ile birlikte Z-kaynak ağı kullanılan bir alternatif akım-alternatif akım (AA-AA) dönüştürücü yapısı incelenmiştir. Bu dönüştürücü yapısında, çıkış gerilimi ve frekansı hem düşürülebilmekte hem de yükseltilebilmektedir. Matris dönüştürücü, doğrudan AA-AA dönüşüm yaparken anahtarlama stratejisi ile çıkış frekansını kademeli olarak değiştirme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca, doğrudan AA-AA dönüştürme özelliği sayesinde, geleneksel dönüştürücülerde kullanılan büyük bir DA bağlantı kondansatörüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Böylece sistem hem daha az maliyetli hem de daha az karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır. Bu çalışmada, çeşitli uygulamalarda farklı hız değerlerini elde etmek için kullanılan tek fazlı asenkron motoru sürmek için tek fazlı Z-kaynaklı matris dönüştürücü kullanılmıştır. Bu yapı, asenkron motorun başlatılmasında veya kademeli bir hız ihtiyacı duyan asenkron motorun hız kontrolünde kullanılabilir. Tek fazlı Z-kaynaklı matris dönüştürücü MATLAB/Simulink ortamında modellenerek simülasyonu yapılmış ve farklı frekans değerleri için simülasyon sonuçları hem direnç-bobin (RL) yükü için hem de tek fazlı asenkron motor için sunulmuştur. Dönüştürücü akım ve geriliminin harmonik spektrumu da incelenerek, harmonik bozulma değerleri farklı frekanslar için verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çift yönlü anahtar, doğrudan AA-AA dönüştürücü, matris dönüştürücü, Z-kaynak ağı

Modelling and Simulation of Single Phase Z-Source Matrix Converter

Abstract

In this article, an alternating current-alternating current (AC-AC) converter structure using a single-phase matrix converter together with a Z-source network is examined to obtain a variable output voltage and a gradually varying output frequency. In this converter structure, the output voltage and frequency can be both reduced and increased. The matrix converter provides the opportunity to gradually change the output frequency with the switching strategy when performing direct AC-AC conversion. With this direct AC-to-AC conversion feature, it has eliminated the need for a large DC link capacitor used in conventional converters. Thus, the system is less costly and has a more compact structure. In this study, a single-phase Z-source matrix converter is used to drive a single-phase asynchronous motor, which is used to obtain different speed values in various applications. With this structure, it can be used to start an asynchronous motor or to control the speed of an asynchronous motor that needs a gradual speed. Single-phase Z-source matrix converter is modeled and simulated in MATLAB/Simulink environment and simulation results are given for different frequency values for both resistance-inductance (RL) load and single phase induction motor.

Keywords: Bidirectional switch, direct AC-AC converter, matrix converter, Z-source network

GİRİŞ

Alternatif akım motorlarının kullanıldığı endüstriyel uygulamalarda, motor hızının değiştirilebilmesi için, motora uygulanan gerilimin frekansının değiştirilmesi gerekmektedir. Bir fazlı, bir frekans değiştirici oluşturmak için, anahtar olarak tristörün kullanıldığı faz kontrollü bir AA-AA frekans değiştirici kullanılabilir. Bu tür bir

frekans değiştiricinin çıkış gerilimi sabit, frekans aralığı dar olup, aynı zamanda güç kaynağında düşük frekanslı harmonikler oluşturmada ve giriş güç faktörü de düşük olmaktadır. Bu probleme çözüm olarak, AA gücünü bir frekanstan başka bir frekansa dönüştüren ve çift yönlü akım geçiren yarı iletken

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1233654

anahtarların kullanıldığı matris dönüştürücüler kullanılmaktadır.

Matris dönüştürücü yapısı ilk olarak 1976 yılında Gyugyi tarafından önerilmiş olup (Pelly, B. R. ve Gyugyi, L., 1976), tek fazlı matris dönüştürücü ise ilk olarak Zuckerberger (Zuckerberger, A., Weinstock, D. ve Alexandrovitz, A., 1997) tarafından 1997 yılında ortaya konulmuştur. Sonrasında yeni topolojiler tanımlanmış (Hosseini, S. H. ve Babaei, E., 2001; Khoei, A. ve Yuvarajan, S., 1988) ve gerilim dönüştürme oranı iyileştirilmiştir (Alesina, A. ve Venturini, M. G., 1989; Idris, Z., Hamzah, M. K. ve Saidon, M. F., 2006).

Geleneksel tek fazlı matris dönüştürücü topolojisinde (Pelly, B. R. ve Gyugyi, L., 1976; Rahman, A., 2019), AA çıkış geriliminin genliği AA giriş gerilimi genliğinden daha düşüktür. Ayrıca tek fazlı bir bacağın iki yönlü anahtarının aynı anda açılması durumunda oluşacak akım yükselmeleri anahtarları (Flaxer, E., 2022) tahrip edecektir. Z-kaynak topolojisi (Hasan Babayi Nozadian, M., Babaei, E., Hosseini, S. H. ve Shokati Asl, E., 2019; Aleem, Z., Yang, H. K., Ahmed, H. F., Winberg, S. L. ve Park, J. W., 2020; Mousavi, S. M. J., Babaei, E., Alizadeh, D. ve Komurcugil, H., 2021) kullanılarak bu sınırlamaların üstesinden gelinmektedir.

Z-kaynaklı AA-AA dönüştürücülerin, daha geniş bir çıkış gerilimi aralığı sağlamak gibi bir takım avantajları vardır. Azaltma-yükseltme modu ile ani akımı ve harmonik akımı da azaltır. Matris dönüştürücü ve Z-kaynak yapısı ile hem değişken bir çıkış gerilimi hem de kademeli bir frekans değişimi ile AA-AA güç dönüşümü gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, Z-kaynak matris dönüştürücüler ve anahtarlama durumları incelenerek, Matlab/Simulink ortamında dönüştürücü devresi gerçekleştirilmiştir. Tek fazlı Z-kaynak matris dönüştürücünün çalışma şeklinin daha iyi anlaşılabilmesine katkı sağlayacak benzetim çalışması yapılmış ve farklı frekans değerleri için benzetim sonuçları verilmiştir.

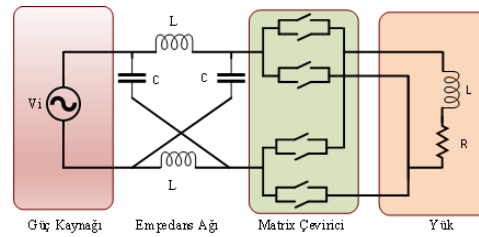
MATERYAL VE METHOD

Z-Kaynak Ağı

Z-kaynak ağı, Şekil 1' de gösterildiği gibi, simetrik bir empedans ağıdır ve bu simetrik empedans ağı iki bobin ve iki kondansatör bulundurur. Bobinlerin ve kondansatörlerin değerleri yüksek

anahtarlama frekansı nedeniyle küçüktür ve birbirine eşittir, yani $L_1=L_2$ ve $C_1=C_2$. Z-kaynak ağı, kısa devre sıfır konumu özelliği sağlar. Bu durum sistemin karmaşık olmayan yapısına zarar vermeden sisteme düşürücü yükseltici özellik kazandırır (Fang, X. ve Liu, J., 2012).

Z-kaynak empedans ağı, ana devreyi güç kaynağına, yüke veya dönüştürücüye bağlamak için kullanılır. Sistemin gerilim değerinin düşürülmesi veya yükseltilmesi istenilen durumlarda Z-kaynak empedans ağı kullanılarak gerilim değeri ayarlanır.



Şekil 1. Z-kaynak empedans ağı

Tek Fazlı Matris Dönüştürücü

Dönüştürücüler temelde, sabit genlik ve frekanslı kaynak gerilimini, değişken genlik ve frekanslı çıkış gerilimine çevirmek için kullanılır. Dönüştürme işlemi ara devre kullanılarak yapılırsa ara devreli dönüştürücü, ara devre kullanmadan doğrudan yapılırsa doğrudan dönüştürücü olarak adlandırılır. Doğrudan dönüştürücülere matris dönüştürücü örnek olarak verilebilir.

Matris dönüştürücülerde ara devre elemanı olmadığından karmaşık olmayan bir yapıya sahiptir ve sinüsoide yakın giriş ve çıkış dalga şekilleri ile üzerinde çalışmaya imkân tanımıştır. Matris dönüştürücü tek bir adımda doğrudan AA-DA, DA-AA, DA-DA ve AA-AA dönüşümü yapabilen esnek bir dönüştürücü olup, çift yönlü enerji akışı özelliğine sahiptir.

Matris dönüştürücülerin reaktif enerji depolama elemanına ihtiyaç duymaması, çıkışta istenilen frekans ve gerilim dönüşümünü tek adımda gerçekleştirmesi, karmaşık yapıda olmaması, dört bölge çalışması, çift yönlü güç akışı sağlaması ve güç faktörünün kontrol edilmesi ilgi çekici özelliğidir.

Bu çalışmadaki topolojide, dönüştürme işlemi için tek fazlı matris dönüştürücü kullanılmaktadır.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1233654

Tek fazlı matris dönüştürücülerde dört adet çift yönlü anahtar kullanılmaktadır. Kullanılan anahtarlar ters yönde akımı bloke edebilmekte ve iki yönlü akım iletebilmektedir. Bu anahtar özelliği IGBT, MOSFET gibi yarı iletken anahtarlar ile diyot birlikte kullanılarak sağlanmaktadır. Bir kısım anahtar grubu, giriş geriliminin pozitif olduğu sürede ileri akım akışına izin verirken; diğer bir grup anahtar, giriş geriliminin negatif olduğu sürede ters yönde akım akışına izin vermektedir.

Devre yapısında, tek fazlı matris dönüştürücü ile birlikte Z-kaynak empedans ağı kullanılır. Böylece, matris dönüştürücünün çıkış geriliminin, giriş geriliminin %86,6'sı ile sınırlı olma durumu, Z-kaynak empedans ağının geniş gerilim aralığı sunan benzersiz özelliği ile ortadan kaldırılmış olur.

Devre Yapısı

Tek fazlı asenkron motorlar, küçük güç gerektiren bulaşık ve çamaşır makinesi, kurutucu gibi ev aletlerinde, fanlarda, üç fazın olmadığı endüstriyel uygulamalarda ve ticari alanlarda yaygın olarak kullanılırlar. Tek fazlı asenkron motorların yaygın kullanım nedenleri, sağlam yapıya sahip olması, bakım gerektirmemesi ve sık arıza yapmamasıdır (Belousov, A. S., Meshcheryakov, V. N., Valtchev, S. ve Kryukov, O. V., 2021).

Tek fazlı asenkron motorları sürmek için çeşitli dönüştürücü yapıları kullanılabilir. Geleneksel sürücü sistemlerinin, çıkış geriliminin giriş geriliminin alt seviyesinde kalması, gerilim düşüşleri, düşük güç faktörü, güvenilirlik gibi sınırlamaları ve sorunları vardır. Geleneksel sürücü sistemlerinde, bu engel ve sınırlamaları ortadan kaldırmaya çalışmak, hem sistemin boyutunun büyümesine hem de maliyetinin artmasına neden olur (Endiz, M. S. ve Akkaya, R., 2020).

Bu çalışmada tek fazlı asenkron motoru sürmek için Z-kaynaklı matris dönüştürücü kullanılmıştır. Matris dönüştürücünün esnek çalışma özelliği, anahtarlarının darbe genişlik modülasyonu ile kontrol edilmesiyle kazanılabilir. Z-kaynak empedans ağı ise, çıkış gerilimini artırarak yükseltici olarak çalışabilme imkanı sağlar. Ayrıca güç faktörünü iyileştirir ve gerilim düşüşleri sırasında tekrar çalışmaya devam etme özelliği sağlar.

Z-kaynak ağı ile matris dönüştürücü birlikte kullanılarak karmaşık olmayan yapıda güvenilir ve

tek bir adımda dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiş olur. Böylece farklı gerilim ve frekans değerlerinde kademeli değişiklik elde edilebilen yapı kazanılmış olur.

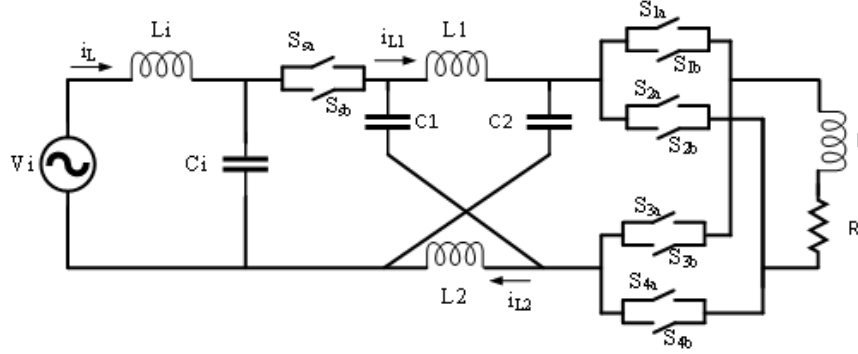
Z-kaynak matris dönüştürücü, tek fazlı AA kaynaktan beslenir. LC giriş filtresi, matris dönüştürücünün giriş gerilimini etkileyen harmoniklerini azaltmak için kullanılır. Z-kaynak ağı, çıkışta istenilen gerilim değerini üretmek için kullanılır ve böylece asenkron motorun ana ve yardımcı sargularına uygulanan gerilim iyileştirilmiş olur. Z-kaynak ağının çıkışı, matris dönüştürücüye uygulanır. Tek fazlı matris dönüştürücü ise, anahtarlama stratejisini değiştirerek çıkışta kademeli bir şekilde frekansı değiştirir. Böylece, kademeli olarak değişen bir hıza ihtiyaç duyan asenkron motorun, hız kontrolünde kullanılabilir bir yapı gerçekleştirilmiş olur.

Anahtarlama Durumları

Giriş besleme frekansı f_i için tek fazlı matris dönüştürücünün anahtarları, çıkışta $f/2$, f ve $2f$ değerlerini görmek için uygun sırada çalıştırılır. Bu şekilde tek fazlı matris dönüştürücü, frekans dönüştürücü olarak çalıştırılmış olur. Tek fazlı matris dönüştürücünün anahtarlarına, basit yapısı olduğu ve iyi sonuç verdiği için darbe genişlik modülasyonu (DGM) uygulanır.

Bu çalışmada gerçekleştirilmesi istenen sistemin devre yapısı Şekil 2'de verilmiştir. Burada, L_i ve C_i giriş filtresi elemanları, S_{sa} ve S_{sb} ise pozitif ve negatif yarım periyot için sürücü anahtarlarıdır. $L_1=L_2$ ve $C_1=C_2$ elemanları Z-kaynak ağını oluşturur. S_{ij} ($i=1, 2, 3, 4$; $j= A, B$) ise matris dönüştürücünün anahtarıdır.

Z-kaynak ağının ek çalışma durumu, aynı faz ayağındaki hem üst hem de alt anahtarlarının açık duruma getirilerek, yükün kısa bir süre için kısa devre edilmesi şeklindedir. Bu durumda Z-kaynak ağındaki bobinler ve kondansatörler şarj edilir ve bu sürenin uzunluğuna bağlı olarak çıkış geriliminin genliği artırılmış olur. Z-kaynak ağının ek çalışma durumu ile aktif durumu ve serbest dönüş yolu durumu birleştirilmiştir. Böylece çıkış gerilimini yükselticidönüştürücü durumda kullanma özelliği elde edilmiş olur.



Şekil 2. Devre topolojisi

Tablo 1’de verildiği gibi, matris dönüştürücünün, 50 Hz çıkış frekansı için iki çalışma modu bulunmakta iken, 25 Hz ve 100 Hz çıkış frekansları için ise, dört farklı çalışma modu vardır. Aktif çalışma durumunda, giriş geriliminin pozitif olduğu sürede A anahtarları açık durumda iken, giriş geriliminin negatif olduğu sürede ise B anahtarları açık durumdadır. Sabit çıkış frekansı ise iki farklı çalışma modu ile gerçekleştirilir.

Matris dönüştürücülerde, geleneksel dönüştürücülerde olan anahtarlar iletimden çıktığında kullanılan serbest dönüş yolu bulunmamaktadır. Serbest dönüş yoluna olan ihtiyaç indüktif yük kullanıldığında ortaya çıkar. Serbest dönüş yolu sağlamak için, snubber devresi kullanmadan, PWM anahtarlarına ölü zaman ekleyerek sürekli bir akım yolu kazandırılır. Bu yapıda, komütasyon için pozitif yarım periyot sırasında üst anahtarlar, negatif yarım periyot sırasında ise alt anahtarlar kullanılır (Nguyen, M. K., Jung, Y. G., Lim, Y. C. ve Kim, Y. M., 2009).

Z-kaynaklı AA-AA dönüştürücünün giriş ve çıkış arasındaki ilişki şu şekilde açıklanabilir. Çıkış frekansı 100 Hz olmasının istenildiği durumda mod 1 için, S_{1A} ve S_{4A} aktif durumdadır ve akım akışını sürdürür. Burada S_{4A} ’ya darbe genişlik modülasyonu uygulanır. “T”, anahtarlama periyodu ve “ T_1 ” ise S_{4A} anahtarının gerçekleştirdiği aralık olsun, o zaman modülasyon indeksi

$$M = T_1/T \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir.

S_{3A} anahtarı, Z-kaynak ağının ek kısa devre durumunun gerçekleştirildiği anahtardır ve S_{4A} anahtarının tamamlayıcısıdır. “ T_0 ”, S_{3A} anahtarının gerçekleştirdiği aralık olan görev oranı (D) ifadesi,

$$D = T_0/T \quad (2)$$

olarak yazılabilir ve

$$M + D = 1 \quad (3)$$

dir.

Aktif durum, Z-kaynak ağının ek kısa devre durumunun gerçekleşmediği kısımdır. Tüm bu çalışma durumları ve ifadeler dikkate alınarak giriş ve çıkış gerilimi arasındaki bağıntı,

$$V_0 = \frac{1-D}{1-2*D} * V_i \quad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada V_i ve V_0 , tek fazlı matris dönüştürücünün, sırasıyla giriş ve çıkış gerilimlerinin efektif değerleridir.

Bu yapıda, çıkış geriliminin genliği görev oranı D ile kontrol edilirken, çıkış geriliminin frekansı anahtarlama stratejisine bağlıdır.

Güvenli komütasyon ile geliştirilmiş anahtarlama stratejisi ve farklı çalışma modları Tablo 1’de gösterilmiştir. Aynı koldaki anahtarların kapalı olup, yükü kısa devre etme durumları (shoot-through) olarak adlandırılmaktadır. İlgili tabloda hangi anda yükü kısa devre yapabilecek anahtarlar da verilmiştir.

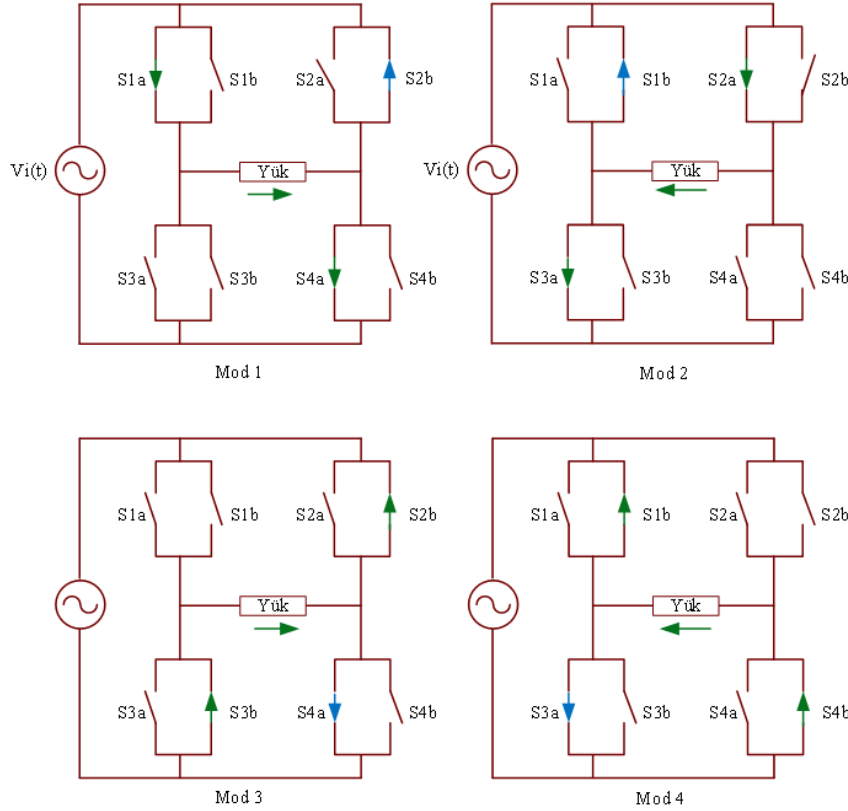
Tablo 1. Farklı frekans oluşturmadaki anahtarlama durumları

Çıkış Frekansı (Hz)	Mode	Çalışma Durumu		
		Aktif	Serbest Dolaşım	Kısa Devre Durumu (Shoot Through)
25	1	S_{sa}, S_{1a}, S_{4a}	S_{2b}	S_{1a}, S_{3a}
	2	S_{sb}, S_{2b}, S_{3b}	S_{4a}	S_{1b}, S_{3b}
	3	S_{sa}, S_{2a}, S_{3a}	S_{1b}	S_{2a}, S_{4a}
	4	S_{sb}, S_{1b}, S_{4b}	S_{3a}	S_{2b}, S_{4b}
50	1	S_{sa}, S_{1a}, S_{4a}	S_{2b}	S_{1a}, S_{3a}
	2	S_{sb}, S_{1b}, S_{4b}	S_{3a}	S_{2b}, S_{4b}
100	1	S_{sa}, S_{1a}, S_{4a}	S_{2b}	S_{1a}, S_{3a}
	2	S_{sa}, S_{2a}, S_{3a}	S_{1b}	S_{2a}, S_{4a}
	3	S_{sb}, S_{2b}, S_{3b}	S_{4a}	S_{1b}, S_{3b}
	4	S_{sb}, S_{1b}, S_{4b}	S_{3a}	S_{2b}, S_{4b}

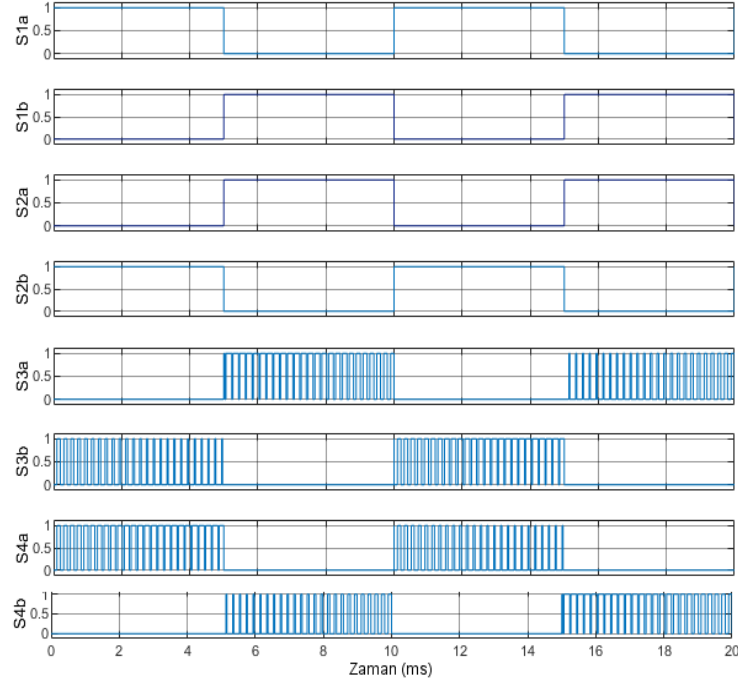
100 Hz çıkış frekansı için, dört çalışma modunda, güvenli komütasyonlu matris dönüştürücünün çift yönlü anahtarlarının kullanımı Şekil 3’te gösterilmiştir.

Şekil 3’te mod 1 açıklanacak olursa, burada S_{1A} ve S_{4A} iletimde akım akışını sürdürür. S_{2B}

komütasyon anahtarı olarak seçilmiştir. S_{1A} ve S_{2B} ‘ye kare dalga, S_{4A} ’ya DGM uygulanır. S_{4A} kesimde ise akım akışı S_{1A} ve S_{2B} üzerinden devam eder. Giriş ve çıkış gerilimi pozitifdir. Oluşturulan anahtarlar işaretleri ise Şekil 4’te verilmiştir



Şekil 3. Anahtar durumları pozitif yarı periyot için mod 1, mod 2, negatif yarı periyot için mod 3, mod 4 (Yeşiller iletim, maviler ise komütasyon anahtarlarıdır)

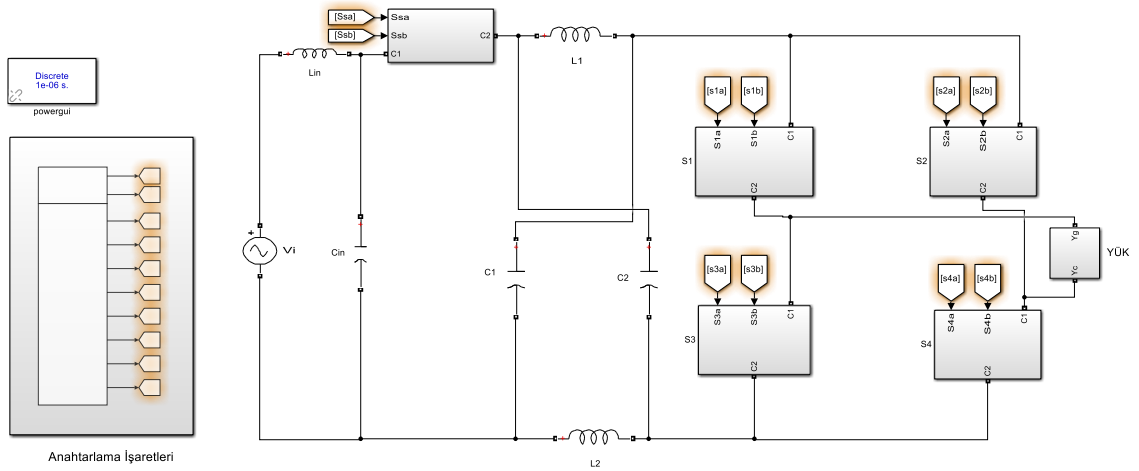


Şekil 4. 100 Hz içim anahtarlama işaretleri

SİMÜLASYON SONUÇLARI VE TARTIŞMA

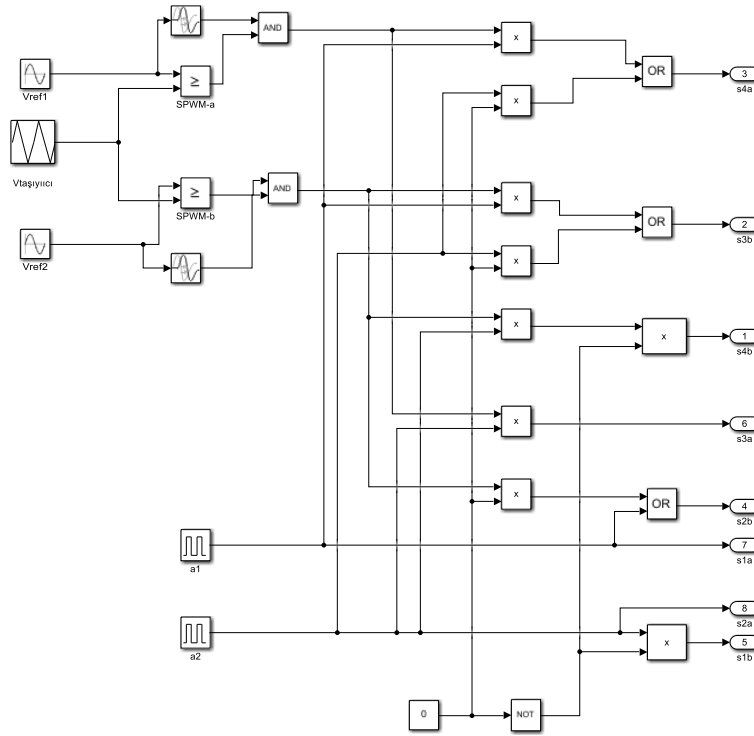
Z-kaynak matris dönüştürücü devresi, Şekil 5' te verilen simulink bloğu ile modellenerek, üç farklı frekans değeri 25 Hz, 50 Hz ve 100 Hz için performansı incelenmiştir.

Şekil 5' te verilen blok diyagramındaki, çift yönlü anahtar yapısı ile anahtarlama işaretlerinin üretildiği bloğun iç yapıları ise, sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7' de verilmiştir.

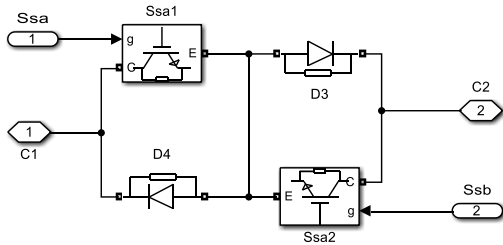


Şekil 5. Z-kaynak matris dönüştürücü simulink modeli

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1233654



Şekil 6. Anahtarlama işaretlerinin üretildiği Simulink blok diyagramı



Şekil 7. Çift yönlü anahtar yapısı

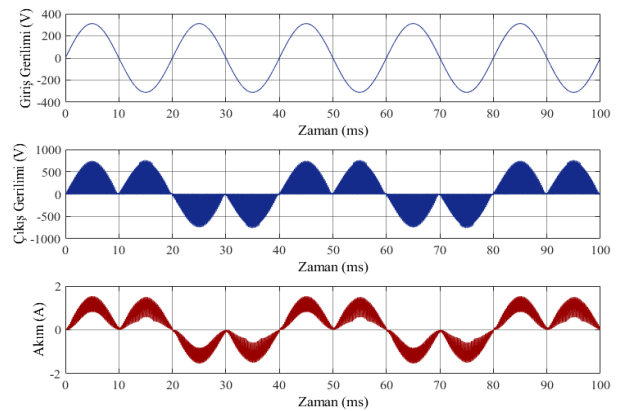
Devreye ait parametreler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Dönüştürücü devre parametreleri

Giriş Gerilimi	100 V p-p
L_i	0.1 mH
C_i	6 mF
$L_1=L_2$	1 mH
$C_1=C_2$	1 mF
Yük	$R=100 \Omega, L=5 \text{ mH}$
Anahtarlama Frekans	20 kHz
Ölü zaman	0.5 ms

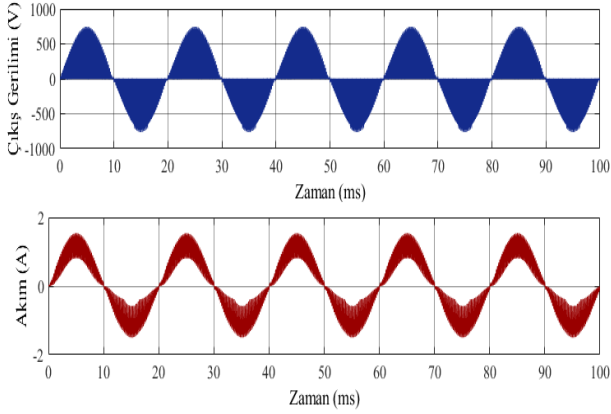
Tablo 2' de belirtilen bobinlerin ve kondansatörlerin değerleri, (Nguyen, M. K., Jung, Y. G., Lim, Y. C. ve Kim, Y. M., 2009) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

Simulasyon sonuçlarında elde edilen dalga şekilleri sırasıyla 25, 50 ve 100 Hz için Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10' da verilmiştir.

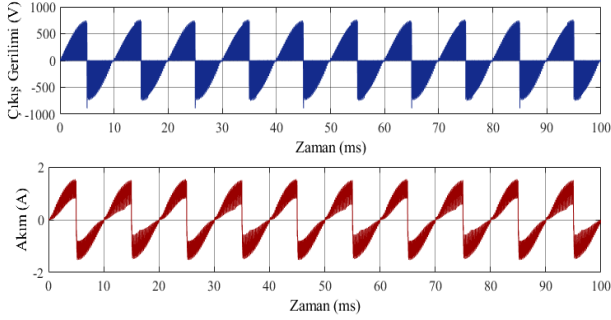


Şekil 8. 25Hz için giriş ve çıkış gerilimleri ile çıkış akımı

Research article/Araştırma makalesi
DOI:10.29132/ijpas.1233654



Şekil 9. 50 Hz için çıkış gerilimi ile çıkış akımı

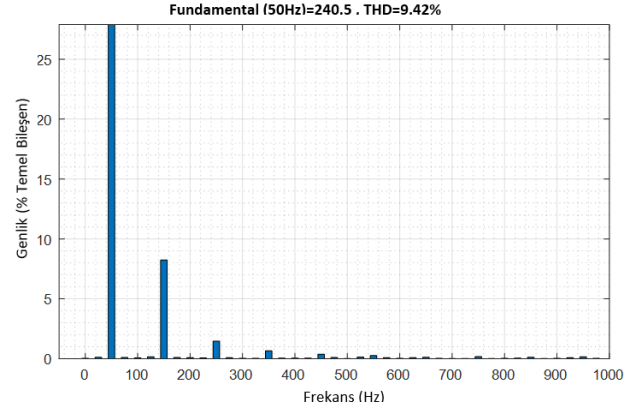


Şekil 10. 100 Hz için çıkış gerilimi ile çıkış akımı

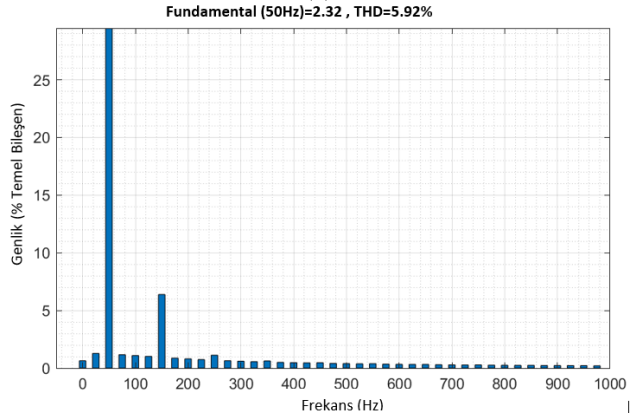
Devrede kaynak geriliminin değeri, her üç frekans değeri için de aynı olup, kaynak frekansı ise 50 Hz dir. Simulasyonlarda, Z-kaynak matris dönüştürücünün, devrenin giriş frekansını yarıya düşürme ve iki katına çıkarma durumları dalga şekillerinden açıkça görülebilmektedir.

Çıkış gerilim ve akımının harmonik spektrumu incelenmiş ve 50 Hz frekans değeri için Şekil 11'de verilmiştir.

Çıkış gerilim ve akımının, 25 Hz, 50 Hz ve 100 Hz için toplam harmonik bozulma (THB) değerleri, Tablo 3'te verilmiş olup harmoniklerin çoğu anahtarlama frekansı etrafında toplanmıştır. Gerilim THB değerleri yüksek olsa da RL yükü ve asenkron motorun endüktif yapısı nedeniyle çıkış akımı daha düşük THB'ye sahip olmaktadır. Büyük dereceli harmonikler giriş tarafında kullanılan filtre ile bastırılarak THB azaltılabilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 11. Harmonik spektrumu (a) çıkış gerilimi (b) çıkış akımı

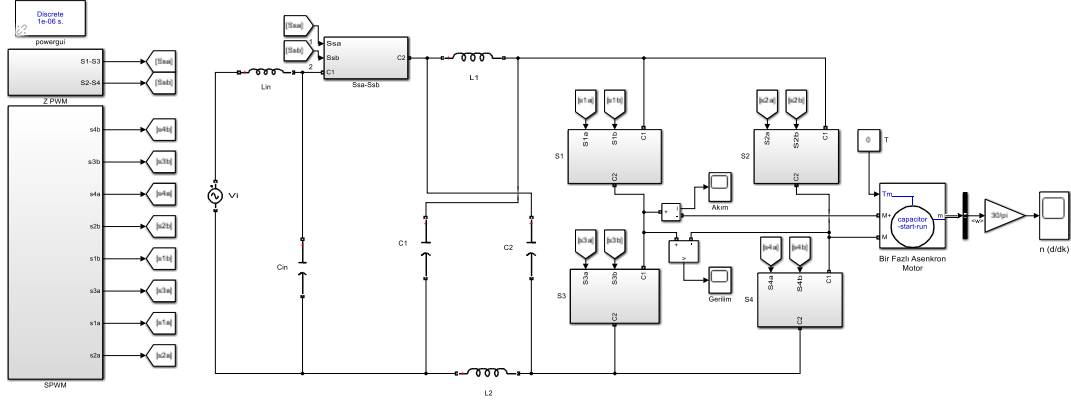
Tablo 3' ten görüldüğü üzere, akım THB₁ değerleri, IEEE tarafında izin verilen %5 değerinin üzerindedir. Kapalı çevrim akım kontrolü yapılarak, THB değerleri daha da düşürülebilmektedir (Zin, M. F. M., Idris, A., Seroji, M. N. ve Hamzah, N., 2012).

Tablo 3. Farklı frekanslar için THB değerleri

Giriş Frekansı	Çıkış Frekansı	THB _V (%)	THB _I (%)
50 Hz	25 Hz	32.48	15.18
	50 Hz	9.42	5.92
	100 Hz	27.94	14.26

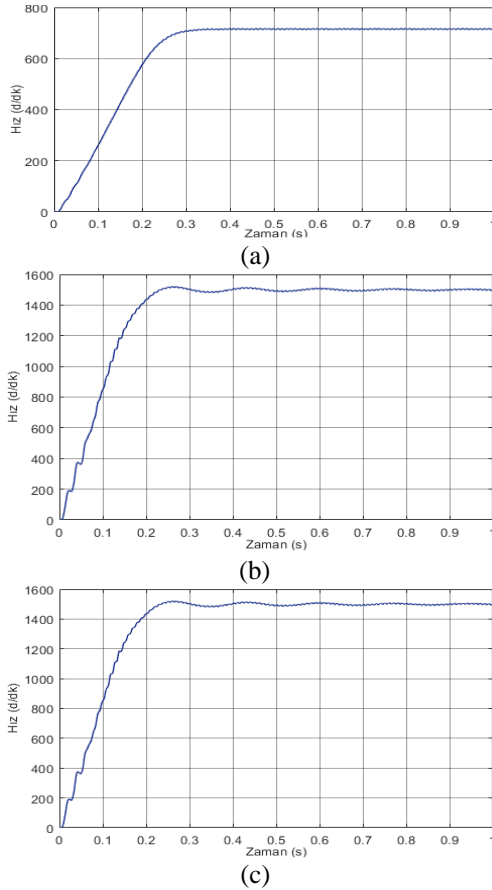
Şekil 12'de görüldüğü gibi, Z-kaynak matris dönüştürücü tek fazlı asenkron motora uygulanmıştır.

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1233654



Şekil 12. Tek fazlı asenkron motora uygulanan Z-kaynak matris dönüştürücü simulink modeli

25 Hz, 50 Hz ve 100 Hz çıkış frekansları için, motor hız grafikleri elde edilerek, sırasıyla Şekil 13 (a), (b) ve (c)' de verilmiştir.



Şekil 13. Asenkron motor hız grafikleri (a) 25 Hz, (b) 50 Hz, (c) 100 Hz çıkış frekansları için

Asenkron motorun hız ifadesi,

$$n = \frac{60 * f}{P} \quad (5)$$

şeklinde olup, frekansla doğru orantılı olarak arttığından, frekans değiştiğinde hız da aynı oranda değişmektedir.

Şekil 13'te verilen hız grafiklerine bakıldığında, dönüştürücü çıkış frekansına bağlı olarak, motor hızının da kademeli olarak arttığı görülmektedir.

SONUÇ

Doğrudan AA-AA dönüşüm sağlayan tek fazlı Z-kaynak matris dönüştürücü devresi, Matlab/simulink ortamında modellenerek simülasyonu yapılmıştır. Bu dönüştürücü, kademeli frekanslı çıkış gerilimi üretebilmektedir. Elde edilen çıkış geriliminin frekansı, giriş frekansının bir tamsayı katı veya bir tamsayı kesri şeklinde olabilmektedir.

Devrede hem RL yükü hem de tek fazlı asenkron motor kullanılmış olup, 25 Hz, 50 Hz ve 100 Hz olmak üzere üç farklı frekans için elde edilen gerilim ve akım dalga şekilleri ve motor hızı grafikleri verilmiştir.

Ayrıca, tam sinüzoidal formda olmayan dönüştürücü çıkış akımı ve geriliminin harmonik spektrumları incelenerek, THB değerleri verilmiştir.

Fanlar, buzdolapları, mikserler gibi tek fazlı asenkron motor uygulamalarının çoğu, hız değişimi için kademeli frekans gerektirmektedir. Bu tür uygulamalarda, Z-kaynak matris dönüştürücü, tek

Research article/Araştırma makalesi
 DOI:10.29132/ijpas.1233654

fazlı asenkron motorun farklı hız değerlerinde çalışmasını sağlamak için kullanılabilir. Z-kaynak matris dönüştürücü devresi, DA link enerji depolama kondansatörü olmaması nedeniyle, dolaylı bir AA-AA dönüştürücü ile karşılaştırıldığında, maliyet ve boyutta önemli bir azalma sağlamaktadır. Ancak matris çevirici devresinde kullanılan çift yönlü anahtarlar tek bir ünite olarak bulunmayıp, her biri iki yarı iletken anahtar ile oluşturulduğundan dolayı, toplam anahtar sayısı fazladır. Bu durum, küçük güç uygulamalarında ekonomik olmamaktadır.

Z-kaynak matris dönüştürücü devresi, DA link enerji depolama kondansatörü olmaması nedeniyle, dolaylı bir AA-AA dönüştürücü ile karşılaştırıldığında, maliyet ve boyutta önemli bir azalma sağlamaktadır. Ancak matris çevirici devresinde kullanılan çift yönlü anahtarlar tek bir ünite olarak bulunmayıp, her biri iki yarı iletken anahtar ile oluşturulduğundan dolayı, toplam anahtar sayısı fazladır. Bu durum, küçük güç uygulamalarında ekonomik olmamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

KAYNAKÇA

Alesina, A. ve Venturini, M. G. (1989). Analysis and design of optimum-amplitude nine-switch direct AC-AC converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 4(1), 101-112.

Belousov, A. S., Meshcheryakov, V. N., Valtchev, S., ve Kryukov, O. V. (2021). Start and Reverse of Single-phase and Two-phase Induction Motors. 2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) pp. 1135-1140.

Fang, X. ve Liu, J. (2012). Single-Phase Voltage-Fed Z-Source Matrix Converter. *Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems* 1(2), pp. 46-52.

Mousavi, S. M. J., Babaei, E., Alizadeh, D. ve Komurcugil, H. (2021). Single-phase AC-AC Z-source converter based on asymmetrical gamma structure with continuous input current and safe commutation strategy. *IET Power Electronics*, 14(3), 680-689.

Hosseini, S. H. ve Babaei, E. (2001). A new generalized direct matrix converter. 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics Proceedings Vol. 2, pp. 1071-1076.

Idris, Z., Hamzah, M. K. ve Saidon, M. F. (2006). Implementation of single-phase matrix converter as a direct ac-ac converter with commutation strategies. 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp. 1-7.

Khoei, A. ve Yuvarajan, S. (1988). Single-phase AC-AC converters using power MOSFETs. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 35(3), 442-443.

Nguyen, M. K., Jung, Y. G., Lim, Y. C. ve Kim, Y. M. (2009). A single-phase Z-source buck-boost matrix converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 25(2), 453-462.

Pelly, B. R. ve Gyugyi, L. (1976). *Static Power Frequency Changers Theory, Performance ve Application* John Wiley ve Sons.

Rahman, A. (2019). Realization of single phase matrix converter using 4 controlled switches. *International Journal of Engineering, Applied and Management Sciences Paradigms*, 54(7), 1-4.

Endiz, M. S. ve Akkkaya, R. (2020). A Novel Single Phase Modified Quasi-Z-Source Inverter Circuit Design and Analysis. 2020 24th International Conference Electronics (pp. 1-6).

Aleem, Z., Yang, H. K., Ahmed, H. F., Winberg, S. L. ve Park, J. W. (2020). A class of single-phase Z-source AC-AC converters with magnetic coupling and safe-commutation strategy. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(9), 8104-8115.

Hasan Babayi Nozadian, M., Babaei, E., Hosseini, S. H. ve Shokati Asl, E. (2019). Switched Z-source networks: a review. *IET Power Electronics*, 12(7), 1616-1633.

Flaxer, E. (2022). Principles, design and implementation of a direct AC-to-AC power converter—Regulated electronic transformer. *Review of Scientific Instruments*, 93(11), 114710.

Zin, M. F. M., Idris, A., Seroji, M. N. ve Hamzah, N. (2012). AC-AC single phase matrix converter with harmonic filter and boost characteristics: A study. 2012 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD) pp. 166-171.

Zuckerberger, A., Weinstock, D. ve Alexandrovitz, A. (1997). Single-phase matrix converter. *IEE Proceedings-Electric Power Applications*, 144(4), 235-240.