

Bir Fazlı Z-Kaynaklı Düşürücü-Yükseltici Matris Çeviricinin MATLAB/Simulink Benzetimi

Selda Nur KÖK^{1*}, Hanifi GÜLDEMİR²

^{1,2} Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye
^{*1} ozdemirseldanur@gmail.com, ² hguldemir@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 25/01/2023;

Kabul/Accepted: 01/03/2023)

Öz: Bu çalışmada, kademeli olarak değişen bir çıkış frekansı yanında değişken bir çıkış gerilimi elde etmek için z-kaynak empedans ağı kullanan bir fazlı matris çevirici yapısı modellenip benzetimi yapılmıştır. Bu topoloji ile geleneksel matris çeviricilerin gerilim kazancı sınırlaması ortadan kaldırılarak, çıkış gerilimi ve frekansı yükseltilebilmekte veya düşürülebilmektedir. Matris çevirici, doğrudan AA-AA dönüşüm yaparken anahtarlama stratejisi ile çıkış frekansını kademeli olarak değiştirme imkânı da sağlar. Doğrudan tek aşamada çevirme özelliği sayesinde, geleneksel çeviricilerde kullanılan büyük bir DA bağlantı elemanına olan ihtiyaç ortadan kaldırılmış olup, çift yönlü anahtarlar aracılığı ile giriş doğrudan çıkış fazlarına bağlanarak enerji dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Ara devre elemanı kullanılmadığından hem maliyet hem de boyut düşürülmüştür. Ayrıca çevirme işlemi yaparken anahtarlara ölü zaman eklenerek güvenli komütasyon stratejisi gerçekleştirilmektedir. Endüstrideki kademeli frekans ve gerilime ihtiyaç duyulan uygulamalarda, örneğin bir fazlı asenkron motorun hız değişiminin sağlanması, bu çevirici devresi kullanılabilir. Bir fazlı z-kaynaklı matris çevirici devresinin çalışma prensipleri incelenmiş devre MATLAB/Simulink ortamında hazırlanıp, değişik frekanslar ve çıkış gerilimi değerleri için devrenin benzetimi yapılmış ve elde edilen sonuçların bir kısmı paylaşılmıştır. Modellenen çeviricinin hem düşürme ve hem de yükseltme modunda farklı çıkış frekanslı gerilimler verdiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Z-Kaynak ağı, matris çevirici, çift yönlü anahtar, doğrudan AA-AA çevirici

MATLAB/Simulink Simulation of Single Phase Z-Source Buck-Boost Matrix Converter

Abstract: In this study, a single-phase matrix converter structure using a z-source impedance network is modeled and simulated to obtain a variable output voltage as well as a stepped varying output frequency. With this topology, the voltage gain limitation of traditional matrix converters can be overcome, and the output voltage and frequency can be increased or decreased. The matrix converter provides the opportunity to step change the output frequency with the switching strategy when performing direct AC-AC conversion. With this direct conversion feature, the need for a large DC link capacitor used in conventional converters has been eliminated, and energy conversion is performed by connecting the input directly to the output phases via bidirectional switches. Since DC link elements are not used, both cost and size are reduced. In addition, a safe commutation strategy is realized by adding dead time to the switches while performing the commutation operation. This converter circuit can be used in the industry where a stepped frequency change, for example for the speed change of a single phase induction motor, or variable voltage or both are required. The working principle of the single-phase z-source matrix converter circuit is examined. The circuit is modelled in MATLAB/Simulink environment and the converter is simulated for different frequencies and output voltage values, and some of the results are presented. It is observed that the modelled z-source matrix converter produces different frequency output voltage both in buck and boost mode.

Key words: Z-source network, matrix converter, bidirectional switch, direct AC-AC converter

1. Giriş

Endüstride kullanılan değişken hızlı sürücü sistemlerinde değişken genlik ve frekansta gerilim üreten kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla sabit genlik ve frekansta bir kaynaktan değişik frekans ve genlikte bir gerilim elde etmek için güç elektroniği devreleri kullanılır. AA-AA güç dönüşümü için dolaylı AA-AA çeviriciler, doğrudan AA-AA çeviriciler ve matris çeviriciler popüler topolojilerdir.

Matris çeviriciler alternatif akımdan alternatif akıma doğrudan dönüşüm yapan bir çeviricidir. AA kaynağına doğrudan bağlanan AA-AA çeviricilerden olan matris çeviriciler, matris şeklinde düzenlenmiş çift yönlü anahtarlardan oluşur. Bu anahtarlar değişik anahtarlama teknikleri kullanılarak, çıkış ünitesine bağlanacak yükün cinsine ve gereksinimlerine cevap verecek değişik frekans ve genlikte gerilimler üretilmesini sağlamaktadır. Matris çeviricilerin klasik frekans çeviricilere göre üstünlükleri, sinüsoidal giriş akımı, denetlenebilir giriş güç katsayısı, en az düzeyde enerji depo eden eleman gerektirmesi ve iki yönlü enerji akışına imkân sağlamasıdır.

* Sorumlu yazar: ozdemirseldanur@gmail.com. Yazarların ORCID Numarası: ¹ 0000-0002-8869-3811, ² 0000-0003-0491-8348

Matris çeviricinin ana dezavantajı, çıkış geriliminin giriş geriliminin % 86,6'sı ile sınırlı olması ve tek fazlı bacağıın her iki çift yönlü anahtarının aynı anda iletimde olmasının mümkün olmamasıdır. Bu sınırlamalar, matris çeviriciye z-kaynak ağı devresi eklenerek aşılabilmektedir.

Bu çalışma değişken genlik ve frekans çıkışı elde etmek için bir fazlı matris çevirici ile birlikte kullanılan bir fazlı z kaynak empedans ağı üzerine odaklanmıştır. Burada z-kaynak ağı kontrol edilerek değişken çıkış gerilimi elde edilebilmektedir [1]. Matris çeviricinin anahtarlama stratejisi ise çıkış frekansını düşürmek, sabit bırakmak veya yükseltmek için kullanılır [2].

Bir fazlı z-kaynaklı düşürücü-yükseltici matris çevirici (TFZMÇ), büyük bir DA bağlantı elemanına gerek duymadan doğrudan AA-AA dönüşümü yapar ve böylece daha kompakt bir yapıya sahip olurken maliyet de düşürülmüş olur. Bu çalışmada TFMÇ için bir snubber devresi olmadan matris çeviricinin anahtarlarına ölü zaman eklenerek güvenli komütasyon stratejisi uygulanmıştır [3-7].

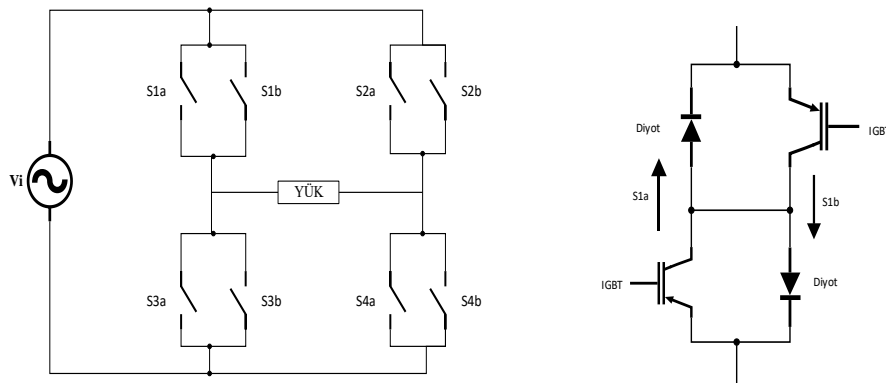
TFMÇ, endüstride kullanılan değişken hızlı sürücü sistemlerinde değişken genlik ve frekansta gerilim üreten kaynaklara ihtiyaç duyulan noktada tek aşamada gerçekleştirdiği çevirme özelliği ile çözüm sunmaktadır. İndüksiyon motor sürücüleri, radyo frekanslı indüksiyon ısıtma, ses güç amplifikasyonu ve kompanzasyon gerilimini düşürmek veya yükseltmek TFMÇ'nin kullanıldığı uygulama alanları arasındadır [8].

Bu çalışmada bir asenkron motor TFMÇ tarafından beslenmektedir. Fırçasız dc motorlar, kalıcı mıknatıslı senkron motorlar gibi daha üstün motorlar çıkmasına rağmen büyük üretim hacmi ve ayarlanabilir hız kontrolü göz önünde bulundurulduğunda bir fazlı asenkron motorlar üzerine yapılan araştırmalar devam etmektedir[9-12]. Önerilen topolojinin bir asenkron motor için tek aşamada gerilim ve hız kontrolünü gerçekleştirdiği bu çalışmada gösterilmiştir.

2. Bir Fazlı Matris Çevirici

Matris çeviriciler ara devre enerji depolama elemanı kullanmadan tüm dönüştürme işlemlerini farklı modülasyon algoritmaları ile tek bir adımda doğrudan gerçekleştirebilmektedir. AA-AA dönüşüm yapabilen bir fazlı matris çevirici, girişine uygulanan sabit değerli gerilim değerini çıkışında istenilen gerilim ve frekans değerine dönüştürebilir. Böylece doğrudan dönüştürme işlemini gerçekleştirebildiği gibi frekans değişiminin önemli olduğu uygulamalar için frekans değiştirici olarak kullanılabilir. Geleneksel çeviricilerde farklı devre tasarımları kullanılırken matris çeviricilerde bir devre yapısı kullanılır ve istenilen özellik gerekli anahtarlama algoritmaları ile sağlanır. Yüke gönderilecek yük miktarı yine bu algoritma ile belirlenir ve algoritma, yarı iletken anahtarlama elemanlarının tetikleme sinyalinin belirler.

Bir fazlı matris çevirici şekil 1'de görüldüğü gibi yapısında dört adet çift yönlü enerji akışı sağlayabilen anahtardan oluşur. Bu çift yönlü enerji akışı sağlayabilen anahtarlar, her iki yönde akımı iletebilir ve ters yöndeki gerilimi bloke edebilir. Ancak bu işlemi gerçekleştirebilecek yarıiletken eleman henüz olmadığından IGBT ile diyot birlikte kullanılarak çift yönlü enerji akışı gerçekleştiren yarıiletken eleman oluşturulur[5, 7].



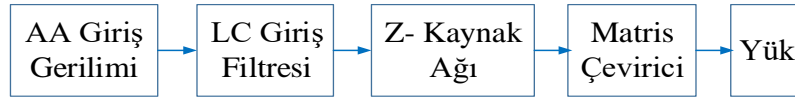
Şekil 1. Bir fazlı matris çevirici genel devre yapısı

Matris çeviricilerin çıkış gerilimi, giriş geriliminin %86,6'sı ile sınırlıdır. Matris çeviricinin bu dezavantajı yapısında z-kaynak empedans ağı kullanılarak aşılabilmektedir.

3. Bir Fazlı Z-Kaynaklı Matris Çevirici

Z kaynaklı matris çevirici, sabit giriş frekansını ve gerilimini çıkışta artırabilen veya azaltabilen bir çevirici türüdür. Matris çeviricilerin frekans artırma özelliği olmakla birlikte tek başına matris çevirici çıkış gerilimini istenilen seviyede değiştirebilme avantajı sağlamamaktadır. Z kaynaklı matris çevirici bu noktada bu yapının daha avantajlı durumda olmasını sağlamıştır. Z- kaynak empedansının gerilim seviyesini değiştirebilme özelliği ile matris çeviricinin frekans değiştirebilme özelliği birleştirilerek daha avantajlı bir topolojinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede matris çeviricinin çıkış gerilimi giriş geriliminin % 86,6'sında sınırlı olma durumu ortadan kaldırılmıştır. Aynı zamanda giriş gerilimine ve frekansına bağlı kalmadan çıkışta istenilen farklı seviyelerde gerilim ve frekans değeri elde edilmiştir. Bir fazlı matris çeviricinin AA giriş gerilimi V_i , AA-AA z kaynak çevirici tarafından artırılır. Frekans ise matris çevirici tarafından ayarlanır.

Şekil 2'de, çevirici sistemin blok diyagramı verilmiştir. Z-kaynak matris çeviricinin giriş gerilimini bir fazlı AA kaynağı oluşturur. Çeviricide bir LC giriş filtresi, bir z-kaynak empedans ağı, çift yönlü anahtarlarla gerçekleştirilmiş matris çeviricide ve yük kullanılmıştır. LC giriş filtresi, anahtarlama dalgalanmalarını azaltmak için kullanılır. Z-kaynak empedans ağında kullanılan indüktans ve kapasitans değerleri küçük olduğu için filtreleme görevi yapmış olup, giriş akımından kaynaklanan dalgalanmaları azaltmak için kullanılır. İki adet indüktans ve kapasitansdan oluşan simetrik z-kaynak ağı, bir fazlı düşürücü-yükseltici matris çeviricinin enerji depolama ve filtre elemanı olup, ana devreyi güç kaynağına, yüke veya çeviriciye bağlamak için kullanılır. Sistemin gerilim değerinin düşürülmesi veya yükseltilmesi istenilen durumlarda z-kaynak empedans ağı kullanılarak gerilim aralığı genişletilir.

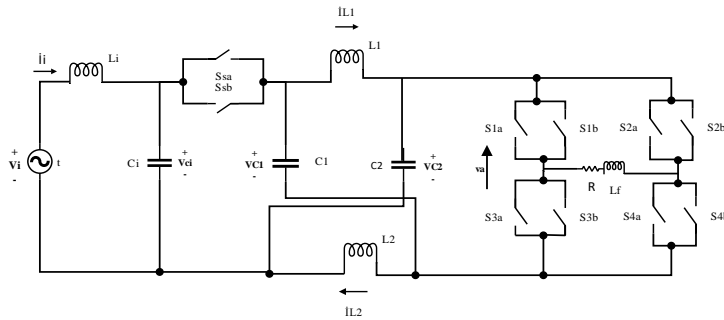


Şekil 2. Önerilen topolojinin blok diyagramı

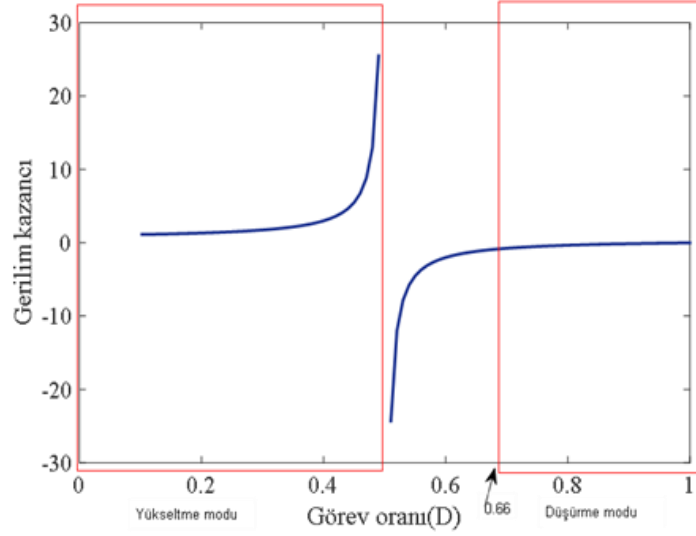
Z kaynak empedans ağı kullanılmadığında, tek başına Şekil 3' te verilen bir fazlı matris çeviricinin aynı faz bacağındaki anahtarları aynı anda iletimde olamaz aksi takdirde akım artışları anahtarları tahrip eder. Empedans ağı kullanıldığında ise bu durum ortadan kalkar. Z kaynak empedans ağı matris çeviricilerin aynı faz bacağındaki anahtarlarının aynı anda iletimde olmasını sağlar. Bu duruma shoot-through denir. Geleneksel çeviricilerde bu durum yoktur. Geleneksel çeviriciler iki aktif durum ve iki sıfır durum olmak üzere dört anahtarlama durumuna sahiptir. Mevcut olan anahtarlama durumlarına ek olarak shoot-through durumu, bir faz bacağının veya iki faz bacağının aynı anda açılıp çıkış terminallerinin kısa devre yapılmasıyla elde edilir. Böylece matris çeviricinin anahtarlama durumlarına ek bir anahtarlama durumu eklenmiş olur. Bu durum matris çeviriciye düşürücü-yükseltici özelliği sağlar. Geleneksel çeviricilerde bu özellik kullanılamaz kısa devreye sebep olur ve cihazları tahrip eder [3].

Çıkış gerilimi genliğinin ayarlanması D görev oranı tarafından gerçekleştirilir. Görev oranında kalma süresine bağlı olarak shoot-through süresi ayarlanırken shoot-through durumunda kalma süresine bağlı olarak da çıkış gerilimi düşürülebilir veya yükseltilebilir. Çıkış gerilimi frekansının düşürülmesi veya yükseltilmesi ise anahtarlama stratejisine bağlı olarak ayarlanır [3, 7].

Şekil 4'de görev oranı eğrisi verilen bir fazlı z kaynaklı düşürücü- yükseltici matris çevirici iki çalışma bölgesine sahiptir. $D < 0,5$ olduğunda z- kaynaklı matris çevirici yükseltici modunda çalışır. $D > 0,66$ olduğunda ise z kaynaklı matris çevirici düşürücü modunda çalışır. Bu çalışmada z kaynak empedans ağının gerilim değerini değiştirmek için basit yükseltme darbe genişlik modülasyonu Ssa ve Ssb anahtarlarına uygulanmıştır.



Şekil 3. Bir fazlı z-kaynaklı matris çevirici devresi



Şekil 4. Görev Oranı Eğrisi

Matris çeviricinin 25 Hz ve 100 Hz çıkış frekansı için dört farklı çalışma modu vardır. Aktif çalışma durumunda, giriş beslemesinin pozitif döngüsü sırasında A anahtarları açık durumda, giriş beslemesinin negatif döngüsü sırasında B anahtarları açık durumdadır. Sabit çıkış frekansı ise iki farklı çalışma modu gerçekleştirilir.

Matris çeviricilerde, geleneksel çeviricilerde olan anahtarlar iletimden çıktığında kullanılan serbest dönüş yolu bulunmamaktadır. Serbest dönüş yoluna ihtiyaç yük indüktif kullanıldığında ortaya çıkar. Serbest dönüş yolu sağlamak için snubber devresi kullanmadan SDGM anahtarlarına ölü zaman ekleyerek sürekli bir akım yolu kazandırılır. Bu yapıda, komütasyon için pozitif döngü sırasında üst anahtarlar, negatif döngü sırasında alt anahtarlar kullanılır[2,7]. Güvenli komütasyon ile geliştirilmiş anahtarlama stratejisi ve farklı çalışma modları Tablo 1'de gösterilmiştir.

100 Hz çıkış frekansı için dört çalışma modunda güvenli komütasyonlu matris çeviricinin çift yönlü anahtarlarının kullanımı şekil 5'de gösterilmiştir. Şekil 5, yükseltme modunda durum 1'i gösterir. $S_{sa}, S_{1a}, S_{2b}, S_{4a}$ anahtarları tamamen açıktır. S_{2b} , komütasyon amacıyla açılır. S_{sa} ve S_{4a} sürekli akım akışı için açılır. S_{1b}, S_{3b} ve S_{4b} ölü zamanı tamamlayıcı olarak çalıştırılır. Durum 1'de, Şekil 5'de gösterildiği gibi, S_{4b} açılır ve giriş geriliminin artan pozitif döngüsü sırasında akım akışını sağlar. S_{sb} ve S_{1b} yükten kaynağa negatif akım akışını açar ve iletir; S_{2b} , komütasyon amacıyla açılır. Devamında S_{sb} ve S_{4b} kapanır ve S_{3b} henüz açılmamıştır ve meydana gelen iki komütasyon durumu vardır:

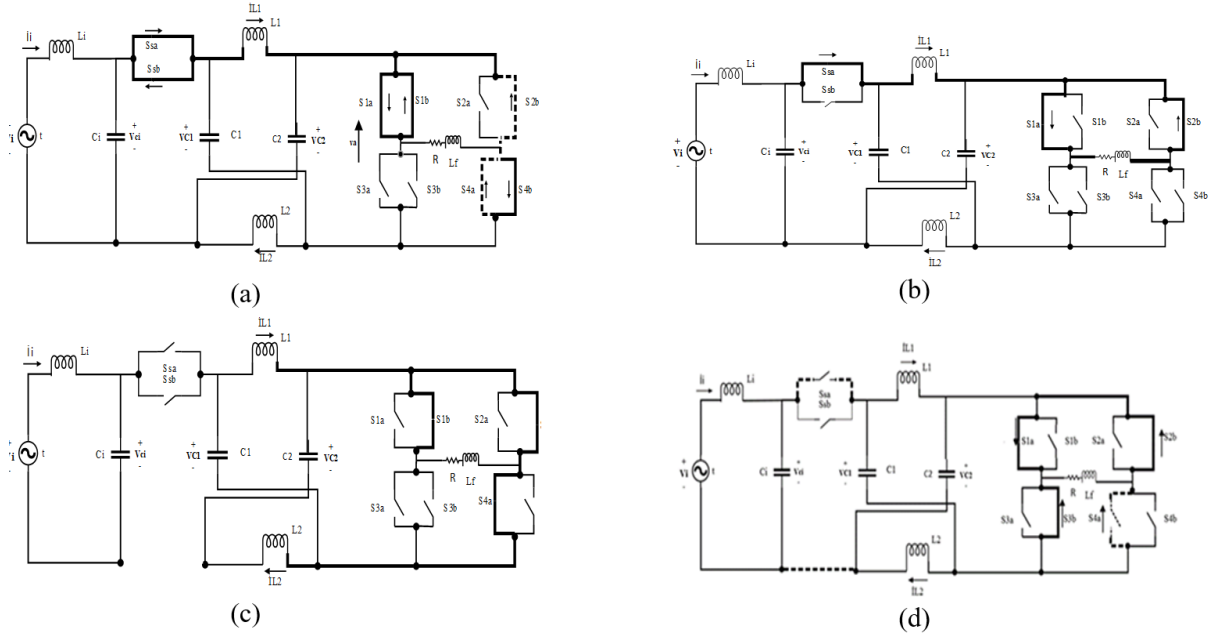
- $I_{L1} + I_{L2} + I_o > 0$ ise akım, şekil 6 (b)'de gösterildiği gibi S_{sa} yolu boyunca akar.
- $-I_{L1} - I_{L2} + I_o > 0$ ise akım, şekil 6 (c)'de gösterildiği gibi S_{2b} ve S_{4a} ' dan bir yol boyunca iletilir.

Şekil 6 (c)'de gösterildiği gibi, S_{2b} 'den geçen akımın yolu $-I_{L1} - I_{L2} + I_o$ 'dır. S_{2b} anahtarının iletken olması gerektiğinden, bu durum için ise mevcut koşul $-I_{L1} - I_{L2} + I_o > 0$ 'dır. Durum 2'de, Şekil 5 (d)'de gösterildiği gibi, S_{3b} açılır ve z-kaynak ağındaki akım akışını bir geçiş yolu olarak iletir. Pozitif yük akımı S_{2b} ve S_{1a} üzerinden serbest bırakılabilir; negatif yük akımı S_{3b} ve S_{4a} üzerinden serbest bırakılabilir [7].

Bu anahtarlama modellerinde, akım yönü ne olursa olsun akım yolu her zaman sürekli. Böylece anahtarlama ve komütasyon işlemleri sırasında gerilim yükselmeleri ortadan kalkar. Durum 2, 3 ve 4 için anahtarlama şekilleri, durum 1 ile benzerdir. Şekil 5'deki noktalı çizgi, her belirli aşama sırasında güvenli komütasyon anahtarını gösterir. 50 ve 25 Hz'lik diğer çıkış frekanslarındaki işlemler, anahtarlama stratejileri değiştirilerek gerçekleştirilir. 50 Hz'lik bir çıkış frekansı için işlem, durum 2 ve durum 3'ün atlanması ve durum 1 ve durum 4 için zaman aralıklarının iki katına çıkarılmasıyla gerçekleştirilir. Benzer şekilde, 25 Hz'lik bir çıkış frekansı için işlem, durum 2 ve durum 3'ün değiştirilmesiyle gerçekleştirilir.

Tablo 1. Yükseltme modu için anahtarlama durumları

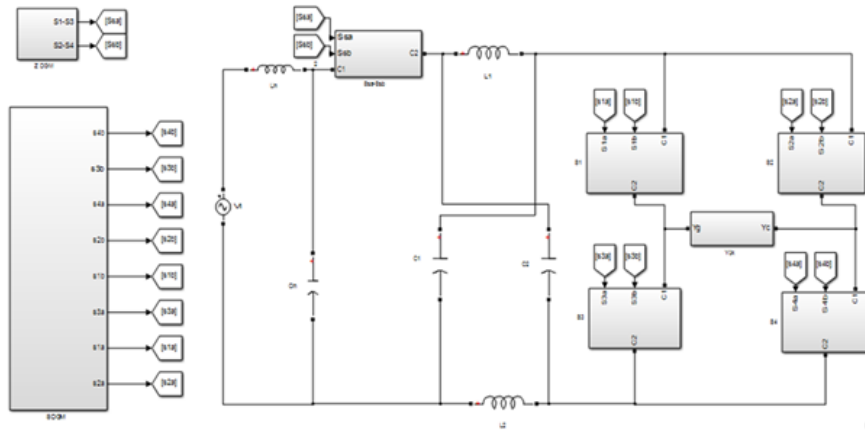
F_i	F_0	Durum	Anahtar açık durumda				
			Durum 1		Durum 2		
			Aktif	Komütasyon	Shoot-Through	Serbest dolaşım yolu	Komütasyon
50 Hz	100 Hz	1	$S_{sa}, S_{1a}, S_{4b}, S_{sb}, S_{1b}$	S_{2b}, S_{4a}	S_{1a}, S_{3b}	(S_{1a}, S_{2b}) veya (S_{3b}, S_{4a})	S_{sa}, S_{4a}
		2	$S_{sa}, S_{2a}, S_{3b}, S_{sb}, S_{2b}$	S_{1b}, S_{3a}	S_{2a}, S_{4b}	(S_{1b}, S_{2a}) veya (S_{3a}, S_{4b})	S_{sa}, S_{3a}
		3	$S_{sb}, S_{2b}, S_{3a}, S_{sa}, S_{3b}$	S_{2a}, S_{4b}	S_{1a}, S_{3a}	(S_{3a}, S_{4b}) veya (S_{1b}, S_{2a})	S_{sb}, S_{2a}
		4	$S_{sb}, S_{1b}, S_{4a}, S_{sa}, S_{4b}$	S_{1a}, S_{3b}	S_{2b}, S_{4a}	(S_{3b}, S_{4a}) veya (S_{1a}, S_{2b})	S_{sb}, S_{1a}
	50 Hz	1	$S_{sa}, S_{1a}, S_{4b}, S_{sb}, S_{1b}$	S_{2b}, S_{4a}	S_{1a}, S_{3b}	(S_{1a}, S_{2b}) veya (S_{3b}, S_{4a})	S_{sa}, S_{4a}
		2	$S_{sb}, S_{1b}, S_{4a}, S_{sa}, S_{4b}$	S_{1a}, S_{3b}	S_{2b}, S_{4a}	(S_{3b}, S_{4a}) veya (S_{1a}, S_{2b})	S_{sb}, S_{1a}
	25 Hz	1	$S_{sa}, S_{1a}, S_{4b}, S_{sb}, S_{1b}$	S_{2b}, S_{4a}	S_{1a}, S_{3b}	(S_{1a}, S_{2b}) veya (S_{3b}, S_{4a})	S_{sa}, S_{4a}
		2	$S_{sb}, S_{2b}, S_{3a}, S_{sa}, S_{3b}$	S_{2a}, S_{4b}	S_{1a}, S_{3a}	(S_{3a}, S_{4b}) veya (S_{1b}, S_{2a})	S_{sb}, S_{2a}
		3	$S_{sa}, S_{2a}, S_{3b}, S_{sb}, S_{2b}$	S_{1b}, S_{3a}	S_{2a}, S_{4b}	(S_{1b}, S_{2a}) veya (S_{3a}, S_{4b})	S_{sa}, S_{3a}
		4	$S_{sb}, S_{1b}, S_{4a}, S_{sa}, S_{4b}$	S_{1a}, S_{3b}	S_{2b}, S_{4a}	(S_{3b}, S_{4a}) veya (S_{1a}, S_{2b})	S_{sb}, S_{1a}



Şekil 5. Durum1 100Hz yükseltme modu için (a) Durum 1, (b) $I_{L1} + I_{L2} + I_o > 0$ olduğunda komütasyon durumu, (c) $-I_{L1} - I_{L2} + I_o > 0$ olduğunda komütasyon durumu, (d) Durum

4. Benzetim Sonuçları

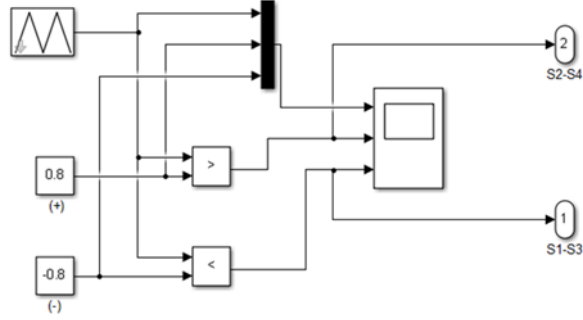
Bir fazlı z-kaynaklı düşürücü-yükseltici matris çeviricinin MATLAB/ Simulink ortamındaki genel devre yapısı şekil 6'da verilmiştir. Bu devrede, tek fazlı matris çevirici ve onu kontrol etmek için kullanılan SDGM, matris çeviricide kullanılan çift yönlü anahtarlar, z-kaynak empedans ağı ve onu kontrol etmek için BYDGM, z-kaynak empedans ağında enerji depolama ve filtre elemanı olarak kullanılan indüktans ve kapasitanslar, AA gerilim kaynağı, R veya RL yük ve LC giriş filtresi bulunur.



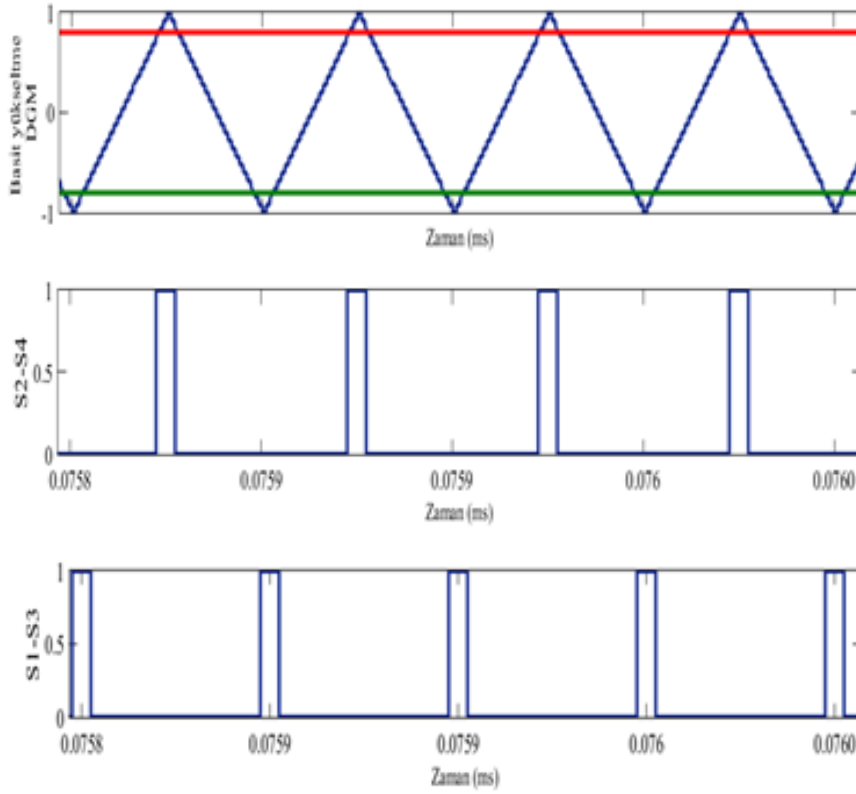
Şekil 6. Bir fazlı z kaynaklı düşürücü-yükseltici matris çevirici genel devre yapısı

Çıkış geriliminin istenilen seviyede değiştirilebilmesi için z empedans ağı basit yükseltme darbe genişlik modülasyonu ile kontrol edilmiştir. Bu yöntem, taşıyıcı sinyal ile karşılaştırılan üst hat ve alt hat referans sinyallerinden oluşur. Üst ve alt referans sinyalleri istenilen gerilim değerini elde etmek için bir geçiş periyodu oluşturur. Üçgen taşıyıcı dalga, üst hat sinyalinden büyük veya alt hat sinyalinden küçük olduğunda devre geçiş durumuna geçer. Aksi durumda ise geleneksel darbe genişlik yöntemi gibi çalışır.

Şekil 7’de BY-DGM’nin blok diyagramı verilmiştir. Burada üçgen bir referans dalga ile üst ve alt hat referans dalgaları karşılaştırılmıştır ve z empedans ağını kontrol edecek olan şekil 4,3’de gösterilen Ssa- ve Ssb anahtarlarına uygulanmıştır. Şekil 8 ise bu modülasyon tekniğinin çıkış dalga şekillerini göstermektedir.



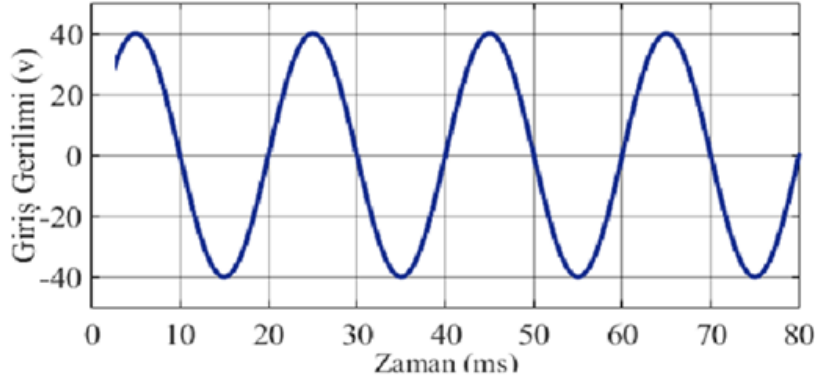
Şekil 7. BY-DGM Blok diyagramı



Şekil 8. BY-DGM dalga şekilleri

Tek fazlı matris çevirici ve üzerindeki AA gerilimi, AA-AA z empedans ağı tarafından artırılır. Ardından matris çevirici frekansı modüle eder.

Bu çalışmada matris çevirici sinüzoidal darbe genişlik modülasyonu (SGDM) ile kontrol edilmektedir. SGMD’nin farklı çalışma modları ile tek fazlı z-kaynaklı matris çeviricinin çıkış frekansı kontrol edilir. Z-kaynak empedans ağı ise basit yükseltme darbe genişlik modülasyonu (BY-DGM) ile kontrol edilir. BY-DGM’nin görev oranı değiştiğinde tek fazlı z-kaynaklı matris çeviricinin çıkış geriliminin genliği değişir. Şekil 9 çeviricinin giriş geriliminin olup, tüm çalışma boyunca 40 V seviyesinde tutulmuştur.

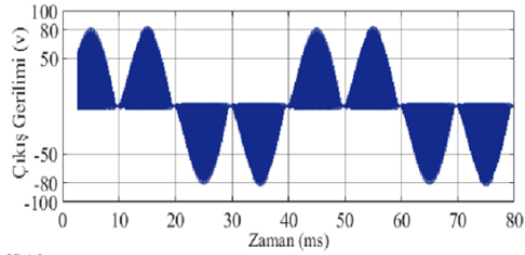


Şekil 9. Bir Fazlı Matris Çeviricinin Giriş Gerilimi

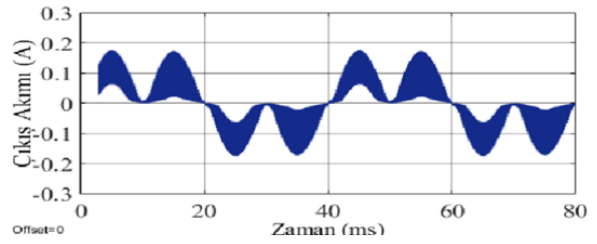
Farklı frekans seviyeleri için farklı gerilim değerleri şekil 8'de gösterildiği gibi elde edilmiştir. LC giriş filtresinin, z kaynak ağının ve yükün benzetim parametreleri $L_{in}=0,1\text{mH}$ ve $C_{in}=6,8\ \mu\text{F}$, $L_1=L_2=1\ \text{mH}$, $C_1=C_2=1\ \mu\text{F}$, $R=100\ \Omega$, $L_f=3\ \text{mH}$ olacak şekilde kullanılmıştır. Anahtarlama frekansı bu parametreler için 10 kHz olarak seçilmiştir.

RL yükünü besleyen çeviricinin çıkış geriliminde gerilim sıçramaları meydana gelmektedir. Oluşan gerilim sıçramalarının ortadan kaldırılabilmesi için SDGM içinde anahtarlara ölü zaman eklenerek, gerilim sıçramaları büyük ölçüde engellenmiş olur. Bu çalışma için ölü zaman $0,5\ \mu\text{s}$ seçilmiştir. Çevirici hem R yükünü beslerken hem de RL yükünü beslerken incelenmiş olup burada RL yükünü beslediği durumdaki sonuçlar verilmiştir.

Oluşturulan z-kaynak matris çevirici modeli hem yükseltici hem de düşürücü modda çalıştırılmıştır. Şekil 10-a, b, ve c' de çevirici yükseltici modda çalıştırılmış olup çıkış frekansları ise sırasıyla 25Hz, 50 Hz ve 100 Hz dir. 40 voltluk bir giriş gerilimi için ise yine sırasıyla 80V, 100 V ve 90 V çıkış gerilimi elde edilmiştir. Şekil 10-d' de ise çevirici düşürücü modda çalıştırılmış olup frekans değeri 25 Hz olup çıkış geriliminin değeri ise 18V olarak elde edilmiştir. Böylece modellenen çeviricinin farklı frekans değerlerinde hem düşürme hem de yükseltme modunda başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

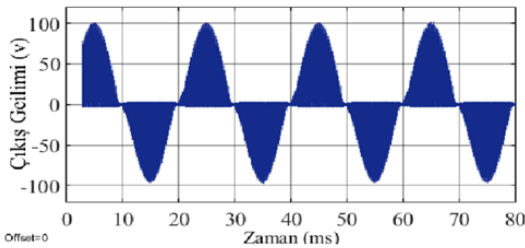


Offset=0

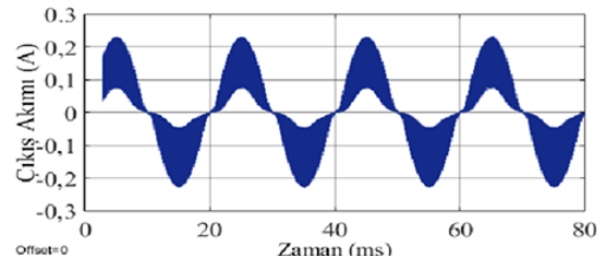


Offset=0

(a)

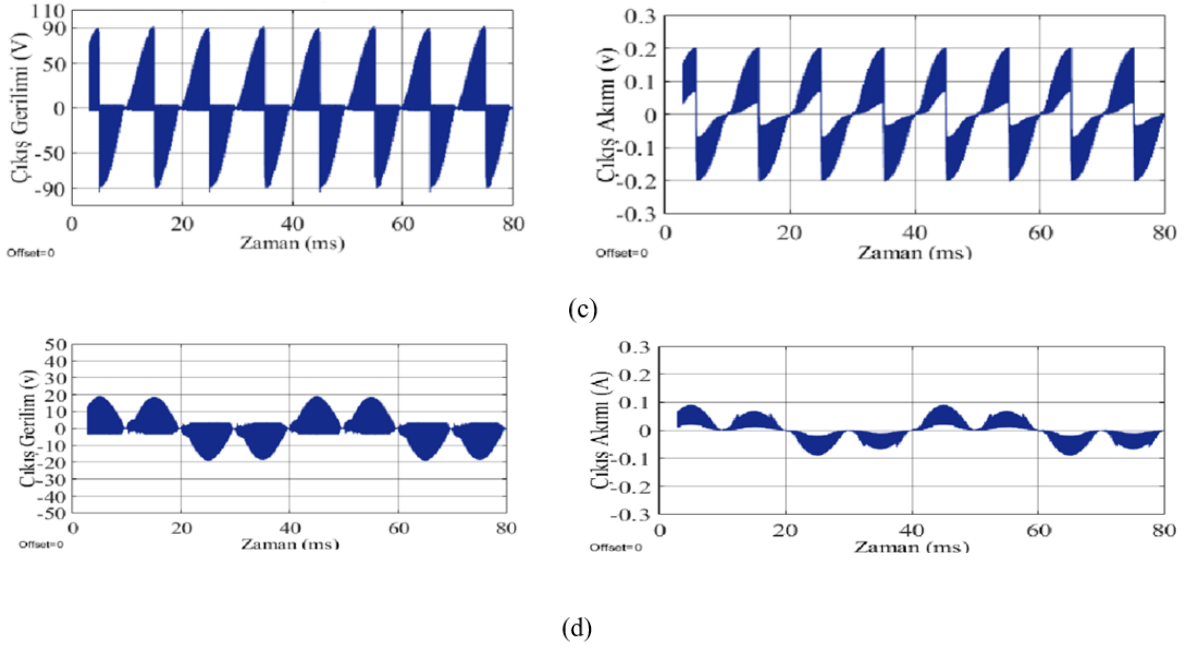


Offset=0



Offset=0

(b)



Şekil 10. Yükseltme ve düşürme modu için bir fazlı matris çeviricinin çıkış gerilimi ve çıkış akımı; (a) 25 Hz, (b) 50 Hz, (c) 100 Hz, (d) 25 Hz (düşürme modu).

5. Sonuçlar

Modellenen bir fazlı z-kaynaklı düşürücü-yükseltici matris çeviricinin daha önce açıklanan özelliklerini doğrulamak için MATLAB / Simulink ortamında benzetim sonuçları alınmıştır. Matris çeviricinin ara devre elemanı kullanmadan çevirme işlemi yapabilmesi buna bağlı olarak kayıpların daha az olması ve ara devre elemanı kullanmadığı için daha kompakt bir yapıya sahip olması, çift yönlü anahtarlar ile çift yönlü güç akışına izin vermesi, farklı frekans seviyelerinde çalışabilme gibi avantajlarının sonuçları benzetim çalışmasında elde edilmiştir. Bunun yanında çıkış geriliminin giriş geriliminin % 86.6'sı ile sınırlı kalma dezavantajı z kaynak empedans ağı kullanılarak aşılmıştır. Matris çeviricinin frekans seviyesini değiştirebilme özelliği ile z-kaynak empedans ağının gerilim seviyesini değiştirebilme özelliği birleştirilmiş olup çeviriciye hem frekans seviyesi için hem de gerilim seviyesi için düşürücü yükseltici özellik kazandırılmış olmaktadır. Çevirici yapısında snubber devresi kullanılmadan anahtarlara ölü zaman eklenerek güvenli komütasyon stratejisi oluşturularak, RL yükü altında çalıştırıldığında gerilim piklerinin önüne geçilmesi sağlanmıştır. Matris çeviricinin çift yönlü anahtarları sayesinde çift yönde güç akışı gerçekleştirilebilmiştir. Bunun sonucunda anahtarlara sürekli bir akım yolu sağlanmıştır.

Fan, buzdolabı, karıştırıcı, öğütücü, klima gibi çeşitli uygulamalarda yaygın kullanılan bir fazlı asenkron motor uygulamalarının neredeyse %80'i frekansta kademeli olarak değişiklik gerektirir. Bu sebeple z-kaynaklı matris çevirici, frekansın kademeli bir şekilde değiştirilebildiği bir fazlı bir asenkron motor sürücüsü olarak kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1] Peng, F. Z. (2003). Z-source inverter. IEEE Transactions on industry applications, 39(2), 504-510.
- [2] Pirinççi, N.. “ Tek Fazlı Matris Dönüştürücünün AA-AA Frekans Dönüştürücü ve AA-DA Doğrultucu Olarak Çalışmasının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ. (2016)
- [3] Fang, X., & Liu, J. (2012). Single-Phase Voltage-Fed Z-Source Matrix Converter. In Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems (Vol. 1, No. 2, pp. 46-52). Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems.
- [4] Lakshmi, C. R and Deepa Sankar . “Single Phase Z-Source Matrix Converter with Buck-Boost Capability” International Journal of Engineering Research and Technology” (2016) .

- [5] Nishanthi, S., & Kumar, N. S. (2012, March). Design and simulation of single phase z-source buck boost matrix converter. In 2012 International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET) (pp. 186-192). IEEE
- [6] Fang, X., & Liu, J. Single-Phase Voltage-Fed Z-Source Matrix Converter. In Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems (Vol. 1, No. 2, pp. 46-52). Journal of International Conference on Electrical Machines and Systems. (2012).
- [7] Minh-Khai Nguyen, Young-Gook Jung, Young-Cheol Lim and Young-Min Kim “A Single-Phase Z-Source Buck–Boost Matrix Converter” IEEE Transactions On Power Electronics, VOL. 25, NO. 2, February 2010.
- [8] Nguyen, M. K., Jung, Y. G., Lim, Y. C., & Kim, Y. M. (2009). A single-phase Z-source buck–boost matrix converter. IEEE Transactions on Power Electronics, 25(2), 453-462.
- [9] George, H. M., & Rajagopal, R. (2014). Direct AC-AC Z-Source Matrix Converter for Single Phase Induction Motor.
- [10] JBa-Thunya, A. S., Khopkar, R., Wei, K., & Toliyat, H. A. (2001, June). Single phase induction motor drives-a literature survey. In IEMDC 2001. IEEE International Electric Machines and Drives Conference (Cat. No. 01EX485) (pp. 911-916). IEEE.
- [11] Rajaei, A. H., Mohamadian, M., Dehghan, S. M., & Yazdian, A. (2010). Single-phase induction motor drive system using z-source inverter. IET Electric Power Applications, 4(1), 17-25.
- [12] Peng, F. Z., Joseph, A., Wang, J., Shen, M., Chen, L., Pan, Z., ... & Huang, Y. (2005). Z-source inverter for motor drives. IEEE transactions on power electronics, 20(4), 857-863.
- [13] Titus Sigamani, Ram Prakash Ponraj, Vijay Ravindran, “Modified Single Phase Matrix Converter with ZSource for Renewable Energy Systems” Proceedings of the Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT 2020) IEEE Xplore Part Number: CFP20P17-ART; ISBN: 978-1-7281-5821-1
- [14] Bakar, M. S., Rahim, N. A., Ghazali, K. H., & Hanafi, A. H. M. (2011, June). Z-source inverter pulse width modulation: A survey. In International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering 2011 (InECCE) (pp. 313-316). IEEE.