

# Yüksek hızlı fırçasız doğru akım motorlarında moment dalgalanmalarını azaltan bir yöntem

Reşat ÇELİKEL<sup>\*,1</sup>

<sup>1</sup> Dicle Üniversitesi, Çüngüş Mehmet Adıgüzel Meslek Yüksekokulu, Elektrik Bölümü, Diyarbakır, Çüngüş

Makale Gönderme Tarihi: 03.10.2016

Makale Kabul Tarihi: 26.01.2017

## Öz

*Yüksek hızlı Fırçasız Doğru Akım Motorları (FDAM) özellikle volanlı enerji depolama sistemlerinde, moment kontrol jiroskoplarında ve endüstriyel uygulamalarda, geniş hız aralıklarında, yoğun olarak kullanılmaktadırlar. Geleneksel hız kontrol yöntemlerinde evirici DC giriş gerilimi sabit olan altı adımlı evirici yapısı kullanılmaktadır. Bu çalışmada yüksek hızlı FDAM'nun sürülebilmesi için yükselten-düşüren DC gerilim dönüştürücü bir yöntem önerilmiştir. Yükselten-düşüren dönüştürücü eviricinin giriş gerilimini değiştirilerek motorun akımını kontrol eder.*

*Yüksek hızlı FDAM' u fiziksel yapısı gereği çok düşük sargı direnci ve çok düşük sargı indüktansına sahiptir. Bu nedenle bu motorlarda akım kontrolü önemli bir problemdir. FDAM' u geniş hız aralığında kullanırken, farklı hız değerlerinde motor akımında önemli derecede dalgalanmalar oluşmaktadır. FDAM' larının en önemli dezavantajı akım dalgalanmalarından kaynaklanan momenti dalgalanmalarıdır.*

*Yükselten-düşüren dönüştürücü kullanılan kontrol yönteminin benzetim çalışması MATLAB/SimPowerSystem blokları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önerilen kontrol yöntemi kullanılarak motor geniş hız aralığında sürülmüştür. Yüksek hızlı FDAM' una ait akım ve moment grafikleri farklı hız değerlerinde elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar geleneksel hız kontrol yöntemleri ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Önerilen kontrol yöntemi ile geleneksel hız kontrol yöntemi karşılaştırıldığında, geniş hız aralığında yükselten-düşüren dönüştürücü kullanılan yöntem ile akım dalgalanmalarını azaltmada daha etkili sonuç elde edildiği görülmüştür. Motor faz akımındaki dalgalanmalar düşürüldüğünde, motorun ürettiği moment grafiklerinde de önemli ölçüde moment dalgalanmalarının azaldığı görülmüştür. Motorun moment dalgalanmalarının azaltılması ile beraber motorda oluşan istenmeyen gürültüler engellenmiş olur.*

**Anahtar Kelimeler:** Yükselten-düşüren dönüştürücü; Yüksek hızlı fırçasız doğru akım motoru; moment dalgalanması; altı adım anahtarlama; FDAM' u motor sürücüsü

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Reşat ÇELİKEL. rcelikel@dicle.edu.tr; Tel: (412) 241 10 00 (3508)

## Giriş

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak yüksek verimli karmaşık yapılı elektrik motorları endüstride kullanılmaya başlanmıştır. FDAM' ları otomotiv teknolojisi, medikal endüstrisi, elektrikli araçlar ve uzay araçları gibi birçok endüstri dalında kullanılmaktadırlar (Salehi vd., 2015; Hwang vd., 2012; Asaei ve Habibidoost, 2013). Bunların dışında son yıllarda, özel olarak yüksek hızlı fırçasız doğru akım motorlarının, uzay aracı uygulamaları, volanlı enerji depolama sistemleri ve moment kontrol jiroskoplarında kullanımı artmıştır (Aydın ve Aydın, 2013; Gurumurthy vd., 2013; Briat vd., 2007). FDAM' ları düşük ağırlık, yüksek güç yoğunluğu, yüksek kararlılık ve yüksek verim gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler. Fırçasız doğru akım motorlarının yüksek hızlı uygulamalarda kullanılmasının en önemli nedeni basit anahtarlama tekniğidir. Motordaki alan etkili algılayıcılardan elde edilen sinyaller kodlanarak eviricideki anahtarların anahtarlama sırası elde edilir. Bu kodlama kullanıldığında her 60 derecede yeni bir bilgi gelir. Belirlenen anahtarlama sırası kullanılarak altı adımlı sürme yöntemi elde edilir. FDAM' ları geleneksel altı adımlı kontrol yöntemi ile sürüldüğü zaman her 60 derecede akım komütasyonu gerçekleşir. İki faz akımının komütasyonu anında komütasyonda olmayan üçüncü faz akımında dalgalanma oluşur. Bu dalgalanma motorun ürettiği momentte dalgalanmalara yol açar. Moment dalgalanmaları FDAM' unun en önemli dezavantajıdır. Motor momentindeki dalgalanmalar vibrasyon ve gürültüye yol açarak motorun performansını düşürür (Xia vd., 2014). Son yıllarda yapılan çalışmalarda evirici giriş gerilimi değiştirilmesi yöntemi kullanılarak özellikle yüksek hızlı FDAM' larında motor performansını artırmaya yönelik çalışmalar oldukça artmıştır. (Li vd., 2016). Farklı kontrol yöntemleri kullanılarak evirici önünde doğru akım dönüştürücüsü ile beraber moment dalgalanmalarını azaltan uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Tingna vd., 2010).

Bu çalışmada geniş hız aralığında çalışan yüksek hızlı FDAM' unun farklı hız değerlerindeki akım ve moment ifadeleri incelenmiştir. Benzetim çalışması için MATLAB/SimPowerSystem blokları kullanılmıştır. Benzetim çalışması;

1) Geleneksel kontrol yöntemi olan, sabit evirici gerilimine sahip, altı adımlı sürme yöntemi ile motorun akım kontrolü için darbe genişlik modülasyonu üretilerek motorun akım ve moment sonuçları elde edilmiştir.

2) Önerilen kontrol yöntemi olan, eviricinin giriş geriliminin yükselten-düşüren dönüştürücü yapısı kullanılarak ayarlanması ve motor akımının darbe genişlik modülasyonu ile kontrol edilmesi yolu ile motorun akım ve moment sonuçları elde edilmiştir. Bu yöntem, yükselten-düşüren DC dönüştürücünün güç seviyesi dikkate alındığında, küçük güçlerde etkilidir. Benzetim çalışması ile elde edilen sonuçlar üç farklı hız değerinde gösterilmiştir. Her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, önerilen yöntem kullanılarak geniş hız aralığında motor faz akımlarındaki dalgalanmaların önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Motor akımına bağlı olarak motor momentinde oluşan dalgalanmaların azaldığı görülmüştür. Böylece geniş hız aralığında gerçekleşen uygulamalarda kullanılan yüksek hızlı FDAM' u için motordaki gürültüleri azaltan bir sürücünün benzetimi gerçekleştirilmiştir.

## Yüksek Hızlı FDAM' u

FDAM' u statorunda üç faz sargısına ve rotorunda sürekli mıknatıslara sahiptirler. Yüksek hızlı motorun faz sargılarının indüktansları ve dirençleri diğer motorlara göre oldukça düşüktür. FDAM' unun matematiksel ifadesi Eşitlik 1' de görülmektedir.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} L_a & 0 & 0 \\ 0 & L_b & 0 \\ 0 & 0 & L_c \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U_N \\ U_N \\ U_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$i_a + i_b + i_c = 0 \quad (2)$$

$$e_a = E_m, \quad e_b = 0, \quad e_c = -E_m \quad (3)$$

$$T_e = \frac{e_a i_a + e_b i_b + e_c i_c}{\omega_m} \quad (4)$$

$$T_e = \frac{2E_m}{\omega_m} \quad (5)$$

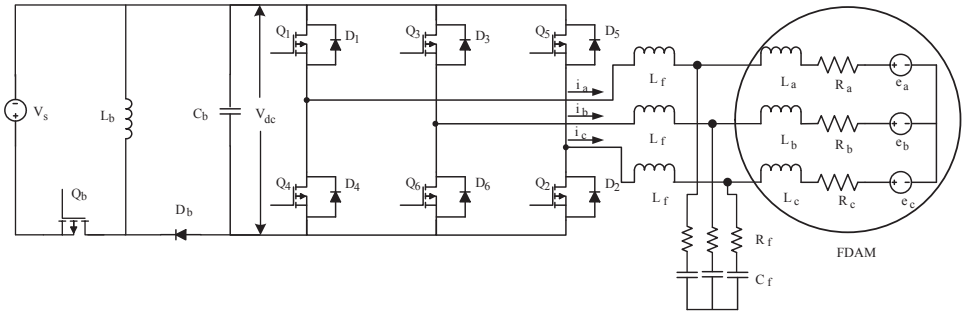
Motorun dengeli çalıştığı varsayıldığında, Eşitlik 2' de görüldüğü gibi motorun faz akımlarının toplamı her an için sıfıra eşit olacaktır. Aynı şekilde Eşitlik 3' teki gibi motorun her fazına ait zıt emk' ların toplamı da sıfıra eşit olacaktır. Her fazda üretilen güçlerin toplamı toplam gücü oluşturmaktadır. Eşitlik 4' de FDAM' unun moment ifadesi görülmektedir. Eşitlik 2 ve Eşitlik 4' den faydalanılarak motorun zıt emk' ya bağlı moment ifadesi Eşitlik 5' teki gibi elde edilir. Altı adım anahtarlama her an için sadece iki faz iletimde olacaktır. Bu durumda fazlar arası gerilim Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 deki gibi yazılır.

Eşitliklerde görüldüğü gibi evirici gerilimi iletimde olan iki fazın üzerine düşer.

$$V_{ac} = R_{ac}(i_a - i_c) + L_{ca} \frac{d(i_{ac})}{dt} + e_{ac} = 0 \quad (6)$$

$$V_{bc} = R_{bc}(i_b - i_c) + L_{bc} \frac{d(i_{bc})}{dt} + e_{bc} = V_{dc} \quad (7)$$

Bu motorların hızları 30000 d/d / 60000d/d civarında olmaktadır. Bu nedenle motor sargıları yüksek anahtarlama frekansı ile anahtarlınırlar. Yüksek anahtarlama frekansı nedeniyle motor sargılarında oluşan dv/dt streslerinin önüne geçmek amacıyla motor ve evirici arasında filtre yapıları kullanılmaktadır (Kenny ve Santiago, 2004). Bu çalışmada filtre olarak LC filtre tercih edilmiştir. Bu filtre her iki yöntemde de kullanılmıştır. LC filtrenin köşe frekansında baskılamayı gerçekleştirmek için filtre kapasitesi önünde bir baskılama direnci kullanılmıştır. Filtrenin köşe frekansı 28,2 kHz olarak seçilmiştir. Bu çalışmada evirici önünde yükselten-düşüren tip dönüştürücü kullanılmıştır. Dönüştürücü girişinde motor gerilimi büyüklüğünde kaynak kullanılmıştır. Şekil 1' de önerilen bu yöntemin yapısı görülmektedir.



Şekil 1. Yüksek hızlı FDAM' unun yükselten-düşüren dönüştürücüye sahip sürücü sistemi

Yüksek hızlı FDAM' ları, basit altı adım anahtarlama yöntemi ile mikro denetleyicileri zorlamamaları nedeniyle yüksek hızlarda tercih edilirler. Alan etkili algılayıcılardan gelen sinyaller 180° iletimdedir. Bu sinyaller kullanılarak 120° faz farklı üç adet sinyal elde

edilir. Bu sinyaller lojik işlemlerden geçirilerek her 60° de bilgi değişikliğinin gerçekleştirildiği ve anahtarların iletim durumlarını belirleyen sinyallere dönüştürülür. Böylece üç adet basit sinyal basit sayısal işlemler ile kullanılarak altı adımli sürme yöntemi gerçekleştirilir.

## Benzetim ve Sonuçlar

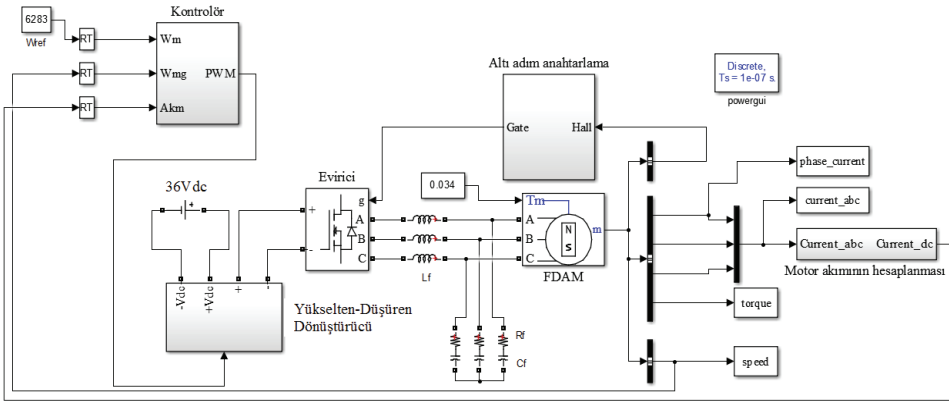
Benzetimde kullanılan Maxon EC-25 motorunun parametreleri Tablo 1’ de verilmiştir.

**Tablo 1.** FDAM’ unun parametreleri

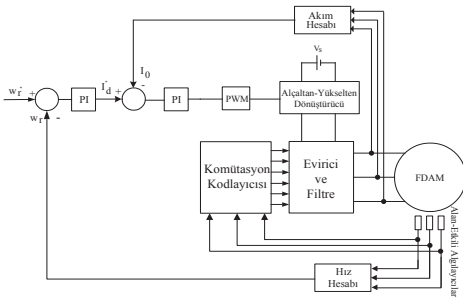
Motor Parametresi	Parametre Değeri
Nominal Gerilim	36V
Sargı Direnci	0.122 Ω
Sargı İndüktansı	0.014 mH
Nominal Akım	6.74 A
Moment Sabiti	5.36 mNm/A
Nominal Hız	62200 rpm
Nominal Moment	35.1 mNm
Sürtünme Katsayısı	~0 Nms/rad

Eviricinin anahtarlama frekansı 50 kHz’ dir. Hız ölçümü için örnekleme süresi 200 μs ve akım ölçümü için örnekleme süresi 20 μs olarak belirlenmiştir. Yükselten-düşüren dönüştürücü çıkışından elde edilen gerilim Eşitlik 8’ de gösterilmiştir.

Şekil 2’ de FDAM’ unun önerilen kontrol yönteminin MATLAB blokları görülmektedir. FDAM’ unun akımı Eşitlik 9’ da görüldüğü gibi hesaplanmaktadır. Bu akım aynı zamanda eviricinin DC hat akımına eşittir. Filtre indüktansının değeri 200 μH, filtre kapasitesinin değeri 1 μF ve filtre direncinin değeri 1.8 Ω olarak belirlenmiştir.



**Şekil 2.** FDAM’ unun önerilen kontrol yönteminin MATLAB benzetimi



**Şekil 3.** FDAM’ unun kontrol blok diyagramı

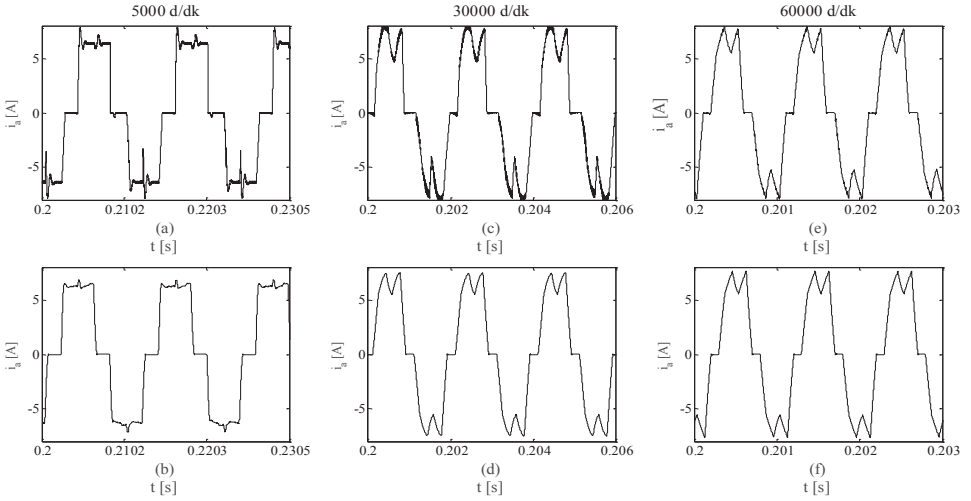
$$V_{dc} = \frac{D_{bb}}{1-D_{bb}} V_s \quad (8)$$

$$I_0 = \frac{|i_a| + |i_b| + |i_c|}{2} \quad (9)$$

Evirici anahtarları yüksek anahtarlama frekansında çalışmaya daha uygun olduğu için MOSFET olarak seçilmiştir. Benzetim çalışması tam yük değerinde gerçekleştirilmiştir. FDAM’ unun kontrol diyagramına ilişkin blok diyagram Şekil 3’ te görülmektedir. Buna göre hız ve akım kontrolü için PI denetleyiciler

kullanılmıştır. Referans hız ve motor hızının kullanılması ile elde edilen hata değeri PI denetleyicinin giriş değeri olarak kullanılır. PI denetleyici çıkışı değeri akım hata değerini oluşturmak amacıyla kullanılır. Akım kontrolörünün çıkışı, bara gerilimini ayarlamak için darbe genişlik modülasyonunu oluşturmada kullanılır. Darbe genişlik modülasyonu, evirici giriş gerilimini ayarlamak için yükselten-düşüren dönüştürücünün anahtarlanması amacıyla kullanılır. Bu süreçte alan etkili algılayıcılardan gelen bilgi kullanılarak motor sargılarının bağlı olduğu eviricideki iletme girmesi gereken anahtar belirlenir.

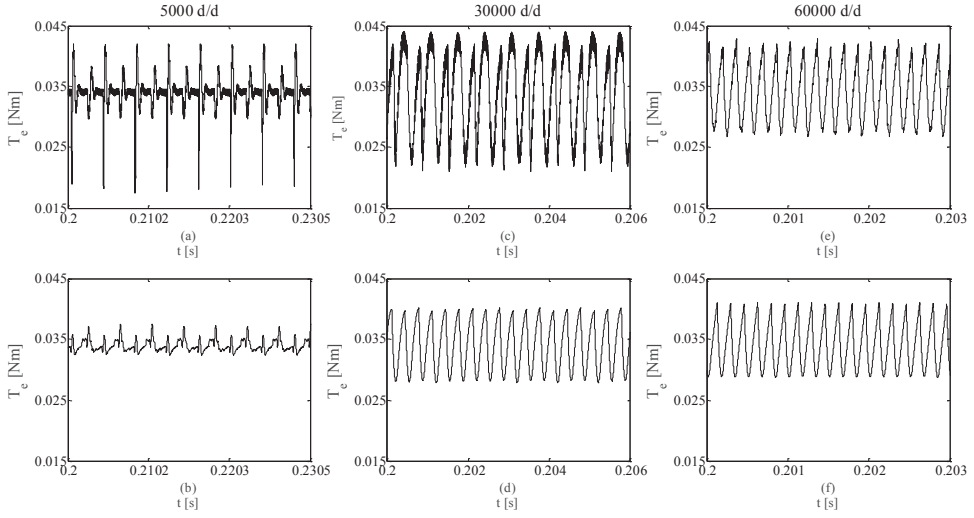
Denetleyici akım kontrolü için gerekli görüldüğünde yükselten-düşüren DC dönüştürücünün çıkış gerilimini kaynak geriliminin üzerine çıkarır veya kaynak geriliminin altına düşürür. Böylece düşüren dönüştürücü ile yüksek kaynak gerilimi kullanmadan, motor geriliminde daha düşük gerilim seviyesinde kaynak gerilimi kullanarak kontrol sağlanmış olur. Benzetim çalışmasında 5000 d/d - 30000 d/d - 60000 d/d hızlarında elde edilen akım dalga şekilleri Şekil 4' de verilmiştir.



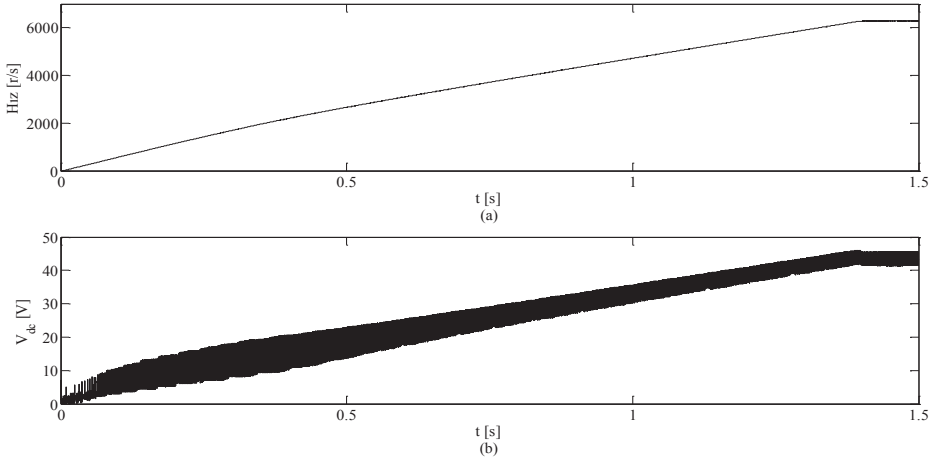
Şekil 4. FDAM' unun farklı hızlardaki bir faz akımları a) 5000 d/d geleneksel yöntem b) 5000 d/d önerilen yöntem c) 30000 d/d geleneksel yöntem d) 30000 d/d önerilen yöntem e) 60000 d/d geleneksel yöntem f) 60000 d/d önerilen yöntem

Şekil 4' de görülen FDAM' unun farklı hız değerlerindeki, geleneksel yöntem ve önerilen yöntem ile elde edilen akım grafikleri, tam yük altında elde edilmiştir. Şekil 4 (a) ve (b)' de akımdaki dalgalanmalar düşük hız değerinde önerilen yöntemde oldukça azalmıştır. Şekil 4 (c) ve (d)' de 30000 d/d hızında önerilen yöntemin daha düşük akım dalgalanmasına sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4 (e) ve (f)' de 60000 d/d hızında akım dalgalanması, önerilen yöntem kullanılarak az miktarda olsa da düzeltilmiştir. Akım dalga şekillerinde

dalgalanmanın komütasyon anında gerçekleştiği görülmektedir. Bu dalgalanmanın temel nedeni komütasyon anında iletme giren faz akımının yükselme zamanının eşit olmaması durumudur. Bu durumda komütasyonda olmayan üçüncü faz üzerinde bir dalgalanma meydana gelir. Düşük hızlı FDAM' larında bu dalgalanmaları yok etmek için birçok algoritma geliştirilmiştir. Yüksek hızlarda bu algoritmaların kullanılması mikroişlemcilerin işlem kapasitelerinin üstüne çıktığı için tercih edilmezler.



Şekil 5. FDAM' unun farklı hız değerlerinde ürettiği moment dalga şekilleri a) 5000 d/d geleneksel yöntem b) 5000 d/d önerilen yöntem c) 30000 d/d geleneksel yöntem d) 30000 d/d önerilen yöntem e) 60000 d/d geleneksel yöntem f) 60000 d/d önerilen yöntem



Şekil 6. a) FDAM' unun 0-60000 d/d arasında hız b) Yükselten-düşüren dönüştürücünün 0-60000 d/d arasında çıkış gerilimi

Evirici girişinde doğru akım dönüştürücüsü kullanmak yöntemiyle yüksek hızlarda kullanılmaya elverişli bir yöntem oluşturulmuştur. Akımdaki dalgalanmalara bağlı olarak motor momentindeki

dalgalanmaların azalması beklenmektedir. Şekil 5' te farklı hız değerlerinde, tam yük altında motorun ürettiği momentin grafikleri görülmektedir.

5000 d/d hızında, şekil 5 (a)' da geleneksel yöntem ve (b)' de önerilen yöntem ile elde edilen moment grafikleri görülmektedir. Önerilen yöntemde moment grafikleri incelendiğinde moment dalgalanmaları önemli ölçüde azalmıştır. 30000 d/d hızında ve 60000 d/d hızında elde edilen sonuçlarda moment dalgalanma miktarında azalma olmuştur.

FDAM' unun yükselten-düşüren dönüştürücü kullanılarak kontrolü ile elde edilen sonuçlar moment dalgalanmalarını düşürdüğü görülmüştür. Bununla beraber Şekil 6' (a) da görüldüğü gibi motorun hızlanma ve sürekli hız durumuna ulaşması için hız kontrolünün de gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil 6' (b)' de yükselten-düşüren tip gerilim dönüştürücüsünün çıkış geriliminin yani eviricinin giriş geriliminin 0-60000 d/d arasındaki değişimi görülmektedir. Burada kontrolör akımı kontrol ederken DC hat gerilimini değiştirmiştir. FDAM' u 60000 d/d hızına ulaştığında motor gerilimi 40 V' un üzerine çıkmıştır. Burada DC dönüştürücü giriş gerilimi motor gerilimi ile sınırlandırılmıştır. Eğer burada düşüren DC dönüştürücü kullanılsaydı, düşüren dönüştürücünün giriş geriliminin artırılması gerekecekti.

Bu yöntemde geleneksel sürücüye eklenen DC dönüştürücü sürücü maliyetini artırmaktadır. Fakat motordaki moment dalgalanmalarını azalttığı için motora bağlı olan mekanik kısımların ve motorun gürültülerini azaltarak uzun vadede daha verimli olacağı görülmektedir.

## **Sonuçlar ve Öneriler**

Son yıllarda yüksek hızlı FDAM' ları endüstride yoğun olarak kullanılmaktadır. FDAM' larının önemli bir problemi olan moment dalgalanmaları yüksek hızlı FDAM' larının düşük sargı indüktansı ve direnci nedeniyle daha önemli bir problem haline dönüşmektedir. Yüksek hızlı FDAM' u volanlı enerji depolama sistemleri ve moment kontrol jiroskopları gibi sistemlerde geniş hız aralığında çalıştıklarından

önerilen yöntemin etkinliği bu tip sistemlerde daha yüksek olacaktır.

Bu çalışmada yüksek hızlı FDAM' larının moment dalgalanmalarının azaltılması amacıyla yükselten-düşüren gerilim dönüştürücüye sahip bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem ile geniş hız aralığında, FDAM' unun moment ve akım dalgalanmalarında geleneksel kontrol yöntemine göre daha etkili sonuç elde edilmiştir.

Benzetim çalışması 5000 d/d - 30000 d/d ve 60000 d/d hızlarında gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntem özellikle hız azaldıkça etkinliğini artırmıştır. Geniş hız aralığında çalışırken motordaki titreşimler ve gürültüler moment dalgalanmalarına bağlı olarak azalacağı öngörülmüştür.

Sonraki çalışmalarda yüksek seviyeli mikroişlemciler kullanarak, motorun moment dalgalanmalarını yapay sinir ağları ve bulanık mantık tabanlı kontrol yöntemleri ile çok yüksek hızda daha düşük hale getirerek motordaki gürültülerin ve titreşimlerin en aza indirilmesi düşünülmektedir.

## **Semboller**

$V_a, V_b, V_c$	:Motor faz gerilimleri
$i_a, i_b, i_c$	:Motor faz akımları
$I_0$	:Evirici DC hat akımı
$R_a, R_b, R_c$	:Motor faz sargısı dirençleri
$L_a, L_b, L_c$	:Motor faz sargısı indüktansları
$U_N$	:Nötr noktasının gerilimi
$e_a, e_b, e_c$	:Motor fazlarının zıt emk' leri
$E_m$	:Zıt emk' nin maksimum değeri
$T_e$	:Motorun elektriksel momenti
$\omega_m$	:Motorun açılmal hızı
$V_{dc}$	:DA dönüştürücüsü çıkış gerilimi
$V_s$	:Kaynak gerilimi

## Kaynaklar

- Arashloo, R.S., Salehifar, M., Romeral, L. ve Sala, V., (2015). A robust predictive current controller for healthy and open-circuit faulty conditions of five-phase BLDC drives applicable for wind generators and electric vehicles, *Energy Conversion and Management*, **92**, 437-447.
- Asaei, B. ve Habibidoost, M., (2013). Design, simulation, and prototype production of a through the road parallel hybrid electric motorcycle, *Energy Conversion and Management*, **71**, 12-20.
- Aydın, K. ve Aydemir, M.T., (2013). A control algorithm for a simple flywheel energy storage system to be used in space applications. *Turkish Journal Electrical Engineering & Computer Sciences*, **21**, 5, 1328-1339.
- Briat, O., Vinassa, J.M., Lajnef, W., Azzopardi, S. ve Woirgard, E., (2007). Principle, design and experimental validation of a flywheel-battery hybrid source for heavy-duty electric vehicles, *IET Electric Power Applications*, **1**, 5, 665–674.
- Gurumurthy, SR., Agarwal, V. ve Sharma, A., (2013). Optimal energy harvesting from a high-speed brushless DC generator-based flywheel energy storage system, *IET Electric Power Applications*, **7**, 9, 693–700.
- Hwang, C.C., Li, P.L., Liu, C.T. ve Chen, C., (2012). Design and analysis of a brushless DC motor for applications in robotics. *IET Electric Power Applications*, **6**, 7, 385 – 389.
- Kenny, B.H. ve Santiago, W., (2004). Filtering and control of high speed motor current in a flywheel energy storage system, *NASA/TM 2004*, Cleveland OH, USA, 213343.
- Li, W., Fang, J., Li, H. ve Tang, J., (2016). Position Sensorless Control Without Phase Shifter for High-Speed BLDC Motors With Low Inductance and Nonideal Back EMF, *IEEE Transactions on Power Electronics*, **31**, 2, 1354-1366.
- Shi, T., Guo, Y., Song, P. ve Xia, C., (2010). A New Approach of Minimizing Commutation Torque Ripple for Brushless DC Motor Based on DC–DC Converter, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, **57**, 10, 3483-3490.
- Xia, C., Xiao, Y., Chen, W. ve Shi, T., (2014). Torque Ripple Reduction in Brushless DC Drives Based on Reference Current Optimization Using Integral Variable Structure Control, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, **61**, 2, 738-752.



## **A method for reduction of torque ripples in high speed brushless DC motors**

### **Extended abstract**

*The high speed brushless DC motors (BLDC) have been usually used in the flywheel energy storage systems, the moment control gyroscopes and the industrial applications. These are used in wide speed district. The DC input voltage of inverter is constant in traditional speed control method. In this study, a method based on the boost-buck type DC voltage converter is proposed for the high speed BLDC driver. In this method, the motor current is controlled when the DC link voltage of inverter is adjusted by the boost-buck converter.*

*The winding of the high speed BLDC have too low inductance and resistance. Therefore current control is important problem in the high speed BLDC. The current ripple occurs at different speed values when used in widely speed district. The most important disadvantage of the high speed BLDC is torque ripples which caused by current ripples.*

*High switching frequency is required because of the high fundamental frequency are taken 500 Hz / 1 kHz.  $dv/dt$  stresses are seen on the motor winding because of high switching frequency. These voltage stresses must be reduced by using an LC filter. The Corner frequency of the LC filter is taken as 28.2 kHz. The six-step switching technique which applied more easily for microcontroller is chosen to drive motor at high speed region. The hall-effect sensors are used to determine switching sequence. The MOSFET is selected to high switching frequency. In this simulation, PI controller is used to control current and speed.*

*The boost-buck converter based control method was simulated by using MATLAB/SimPowerSystem blocks. The simulation of the high speed BLDC have been performed in the widely speed range by using proposed method. The Switching frequency of the inverter is taken as 50 kHz. The sampling period is taken 20  $\mu$ s for speed measurement and 10  $\mu$ s for current measurement.*

*In the simulation, the motor speed was performed at 5000 rpm, 30000 rpm and 60000 rpm. The torque and current waveform of the high speed BLDC was obtained by using proposed method. Waveform*

*shapes of the current and torque were obtained by using proposed method and traditional method. Obtained results were compared by using both method.*

*The ripples of the high speed BLDC phase currents were reduced by using proposed method. Therefore, the amount of the torque ripples have been reduced. Especially, the best result was obtained in low speed. On the other hand, the speed control was performed successfully. Thus, the vibrations of the high speed BLDC was reduced using proposed method. In the future work, the torque ripple of high speed BLDC will be reduced using artificial neural network and fuzzy logic methods in the high speed region.*

**Keywords:** *Boost-buck converter, high speed BLDC, torque ripple, six-step switching, BLDC driver*