

Düşük Sığalı Film Kondansatör Bulunduran Diyotlu Doğrultucu Girişli AC Motor Sürücülerinde Başarım Analizi

Performance Analysis of AC Motor Drives With Front End Diode Rectifier Utilizing Small Capacitance Film Capacitor

V. Volkan Aban¹, Ahmet M. Hava²

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

¹volkanaban@gmail.com, ²hava@metu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, üç fazlı diyotlu doğrultucu girişli ac motor sürücülerinin dc barasında yüksek sığalı elektrolitik kondansatör yerine düşük sığalı film kondansatör kullanımının şebeke akım kalitesine, dc bara gerilim kararlılığına ve motor yükü sürme başarımına etkileri incelenmiştir. 37 kW gücündeki asenkron motor sürücüsünün havalandırıcı (fan) ve sabit moment olmak üzere iki tip yük altında vektör denetim yöntemi ile sürülmesinin benzetimleri yapılmıştır. Düşük sığalı film kondansatör bulunduran sürücülerde dc bara gerilim kararlılığının sağlanabilmesi için gereken uygun sığa değeri seçimi ve uygulanabilecek denetim yöntemleri incelenmiştir. Tasarlanan devrelere uygulanan denetim yöntemlerinin başarımları, devrenin şebeke akımı kalitesi, dc bara kararlılığı ve motor yükü sürme başarımı dikkate alınarak benzetimlerle analiz edilmiştir.

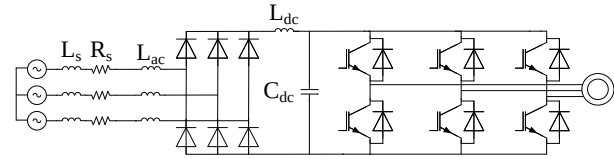
Abstract

In this study, the effects of using small capacitance film capacitor instead of high capacitance electrolytic capacitor in the dc bus of three phase diode rectifier fed ac motor drives on grid current quality, dc bus stability, and motor drive performance are investigated. The simulations of a 37 kW vector controlled induction motor drive are performed under two types of load; fan and constant torque loads. Proper selection of capacitance and control methods to maintain dc bus voltage stability of drives utilizing small capacitance film capacitor are investigated. The performance of control methods applied to the designed circuits are analyzed in terms of grid current quality, dc bus stability, and motor drive performance via the simulations.

1. Giriş

Şebekeden beslenen ac motor sürücülerinde sıklıkla tercih edilen devre topolojisi şebekeye bağlı 3 fazlı diyotlu doğrultucu ve çıkışına bağlı gerilim kaynaklı darbe genişlik modülasyonlu eviricidir (Şekil 1). Devrenin dc barasına gerilimdeki kırıltıları bastırması ve hem şebeke hem de evirici tarafından üretilen akım kırıltılarını süzmesi için genellikle

yüksek sığa/hacim oranı sunan elektrolitik kondansatörler bağlanır. Fakat dc barada yüksek sığalı kondansatör kullanımı şebeke akımı toplam harmonik bozulmasını yükseltir. Harmonik bozulmayı azaltmak için kullanılan büyük boyutlu indüktör süzgeçler ise devrenin ağırlığı, hacmi ve maliyetini artırır. Bunun yanında elektrolitik kondansatörlerin ömürleri kısadır ve her beş yılda bir yenilenmeleri gerekir. Dolayısıyla sürücünün ömrünü kısıtlayıcı veya bakım/onarım maliyetini artırıcı özellikleri ile önemli götüreye sahiptirler.



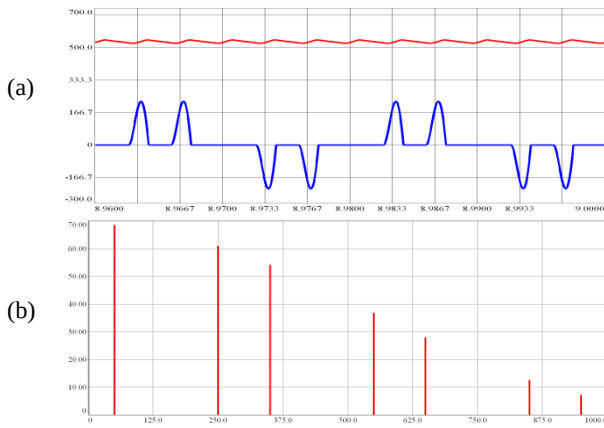
Şekil 1: Diyotlu doğrultucu girişli ac motor sürücü devresi.

Genel bir sürücü sisteminde pasif devre elemanları hacmen devrenin yarısından fazlasını maliyet olarak da yaklaşık yarısını kapsamaktadır. Bu nedenle hem küçük boyutlu pasif elemanlarla sistem boyutunu küçültmek hem de maliyeti düşürmek için bazı motor sürücü üreticileri tümleşik kondansatör, bara ve evirici modülleri üretimine başlamışlardır [1]. Bunun yanında şebeke güç kalitesini yükseltme ve sürücü sistem ömrünü uzatma çalışmaları her geçen gün artmaktadır. Düşük sığalı film kondansatörlerin hacimce az yer tutmaları daha tümleşik bir sistem tasarımını olanaklaştıran elektrolitik kondansatörlere göre dört kat daha uzun ömür sunmaları sistem ömrünü uzatır. DC barada düşük sığalı kondansatör kullanımı şebeke akımı toplam harmonik bozulmasını önemli oranda düşürür. Fakat düşük sığa nedeniyle dc bara gerilim kararlılığı düşüktür ve aktif denetim yöntemleri ile bara gerilimi denetim altına alınmalıdır. Bu çalışmada, diyotlu doğrultucu girişli ac motor sürücülerde dc barada düşük sığalı film kondansatör kullanımı için boyutlandırma ve gerilim denetim yöntemleri incelenmiştir. Tasarlanan devreler vektör denetimli asenkron motor sürme benzetimleriyle örneklenmiş ve sistem başarımı dc bara kararlılığı, şebeke güç kalitesi ve motor sürme başarımı yönünden analiz edilmiştir.

2. Diyotlu Doğrultucu Girişli AC Motor Sürücülerinin Genel Devre Özellikleri

Üç fazlı (altı darbeli) bir doğrultucu, şebeke frekansı f_e olan bir sistemde dc barada $6f_e$ frekanslı gerilim kırırtısına ve şebekeden $(6k \pm 1)f_e$ harmoniklerinin çekilmesine neden olur. İdeal şartlarda üç fazlı diyotlu bir doğrultucunun şebekeden çekebileceği en kaliteli akım dikdörtgen dalga şeklindedir ve yaklaşık % 31.14 THB_{is}'ye (1) sahiptir. Gerilim kırırtısını düşürmek için kullanılan kondansatörün sığası (C_{dc}) yüksek ise kırırtı önemli ölçüde düşer ve dc barada enerji tutma kapasitesi yükseldiği için şebekedeki olası gerilim değişimlerine ve motordaki ani yük değişimlerine karşı dc bara geriliminin ani çökmesi ya da yükselmesi de engellenmiş olur. Fakat böyle bir devrede, şebekeden sadece bara geriliminin şebeke geriliminden düşük olduğu anlarda akım çekilmekte ve şebeke akımı süresiz hale gelip toplam harmonik bozulması THB_{is} yükselmektedir. Şekil 2'de elektrolitik kondansatörlü indüktör filtersiz motor sürücünün sabit moment yükü altında dc bara gerilimi, şebeke akımı ve harmonik spektrumu görülmektedir (THB_{is}=%138). Harmonik bozulmayı düşürmek için şebeke veya dc barada genellikle % 3-5 arası bir değerinde indüktör süzgeç (L_{ac} , L_{dc}) kullanılır.

$$\% THB_i = 100 * \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1} \quad (1)$$



Şekil 2: Yüksek sığalı indüktör filtersiz 37 kW motor sürücünün sabit moment yükünde benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) şebeke akımı harmonik spektrumu (10 A/bölme, 125 Hz/bölme).

Film kondansatörlü uygulamalarda düşük C_{dc} nedeni ile dc barada gerilim kırırtısı yüksektir. Fakat gerilim kırırtısı yüksek iken bara akımı sürekliliği artacağı için şebeke akımı dalga şekli ideal kare dalga şekline yakınsar ve THB_{is} düşer. Böylece büyük boyutlu bir indüktör süzgeç yerine daha küçük süzgeç ya da sadece şebeke hat indüktansına (L_s) dayanılarak yüksek kaliteli bir şebeke akımı elde edilebilir.

Yüksek sığalı kondansatörlü sürücüde, L_{ac} , L_{dc} ve C_{dc} seçilirken, dc barada rezonansı önlemek için genelde doğal frekansın (2), bara gerilimi kırırtı frekansı $6f_e$ 'den küçük olması sağlanır. Düşük sığalı devrede ise f_n yükselir ve rezonansı önlemek için $f_n \gg 6f_e$ seçilmelidir. Bunun yanında, eviriciden gelecek yüksek frekanslı akım harmoniklerinin

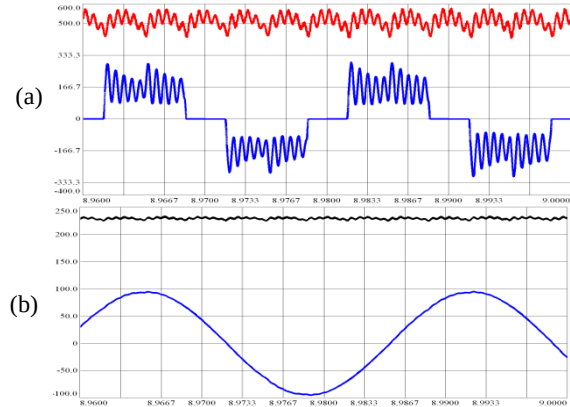
şebekeyi etkilememesi için f_n evirici anahtarlama frekansından küçük seçilmelidir [2].

$$f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{(2(L_{ac}+L_s)+L_{dc})*C_{dc}}} \quad (2)$$

Motor sürücülerinde motorun bara gerilimindeki oynamalardan etkilenmesini önlemek için genellikle bara gerilimi bozucu etkiyi ters fonksiyonla kaldırma yöntemi kullanılır (3). Bu yöntemdeki amaç, evirici gerilim referansını (V_{ac}^*), ölçülen dc bara gerilimi ($\bar{V}_{dc}$) ve ideal dc bara gerilimini (V_{dc}^*) kullanarak güncelleyip, yeni ac gerilim referansı (V_{ac}^{**}) elde etmek ve eviriciyi yeni referansla çalıştırıp sabit genlikli sinüs gerilim elde etmektir. Bu yöntem ile motor momenti üstündeki kırırtı da düşürülür.

$$V_{ac}^{**} = V_{ac}^* \frac{V_{dc}^*}{\bar{V}_{dc}} \quad (3)$$

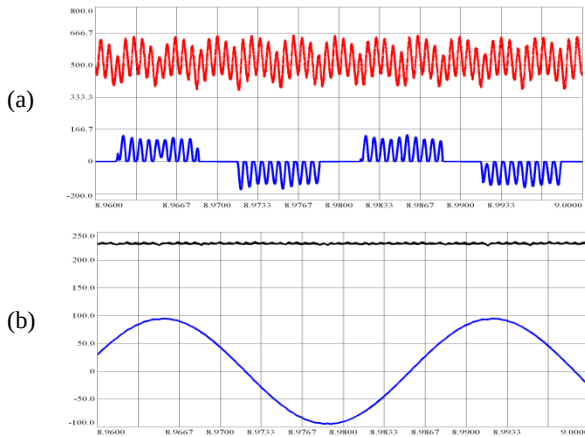
Film kondansatörlü uygulamalarda, düşük sığa sebebiyle dc bara rezonans frekansı yüksektir ve kararlılık düşüktür. Yük tipi dc bara geriliminin kararlılığı önemli oranda etkiler. Sabit güç özellikli yükler bara gerilimi ne olursa olsun aynı gücü çekme eğilimindedirler. Bu nedenle bara gerilimi düştüğünde çektikleri akımı yükseltip, gerilim yükseldiğinde ise düşürmeye çalışırlar (Negatif impedans etkisi). Negatif impedans etkisi bara geriliminde kırırtının yükselmesine ve dalgalanmaya neden olabilir. Diğer bir yük tipi ise değişken moment yükleridir. Havalandırıcı, pompa gibi cihazlar, uygulanan gerilimle doğru orantılı olarak moment üretip düşük gerilimde düşük akım, yüksek gerilimde yüksek akım çekerler (Pozitif impedans etkisi). Hareket süresince sabit moment uygulayan yüklere sabit moment yükü denir. Değişken moment ve sabit moment yükleri bara gerilimini zorlamazlar, dalgalanma yaratma riskleri azdır. Düşük sığalı kondansatör uygulamalarında bu tür yüklerin sürülmesi daha uygundur.



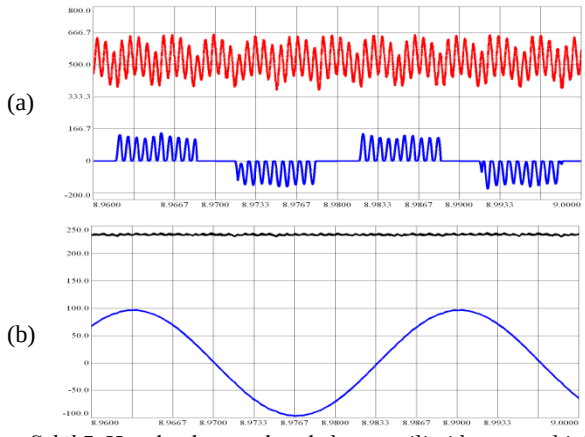
Şekil 3: Sabit moment yükünde bara gerilim denetimsiz 37 kW sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), 3*şebeke akımı (mavi 167A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (mavi 50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

Şekil 3'te 230 N.m sabit moment yükü ve 1100 devir/dak hızda çalıştırılan düşük sığalı kondansatörlü devrenin benzetim sonuçları görülmektedir (dc bara denetimsiz). Devrede $L_s=15 \mu H$, $L_{dc}=112 \mu H$ ve $C_{dc}=72 \mu F$ için bara doğal frekansı (f_n) 1.576 kHz olmaktadır. Ortalama dc bara gerilimi

$V_{dc}=511$ V olarak elde edilmiştir. Evirici anahtarlama frekansı $f_c=10$ kHz olarak seçilmiştir. Şekil 3'te bara gerilimi ve şebeke akımında rezonansa bağlı dalgalanmalar mevcuttur ($THB_{is} = \% 48$). Şekil 4'te bara geriliminde bozucu etkiyi kaldırma yöntemi uygulanmış sabit moment yüklü 37 kW motor sürücü benzetim sonuçları görülmektedir. Bara geriliminde bozucu etkiyi kaldırma yöntemi motor momentindeki kırırtıyı bir miktar düşürmüştür fakat negatif impedans etkisi yaratıp dc bara ve şebeke üstündeki rezonansı daha da arttırmıştır. Bara geriliminde % 50'yi bulan kırırtı ve şebeke akımında yüksek genlikli dalgalanmalar görülmektedir. THB_{is} % 93 olarak elde edilmiştir. Şekil 5'te bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yöntemi uygulanmış 37 kW havalandırıcı yükü benzetimin sonuçları görülmektedir. Motor momentindeki kırırtı düşmüştür fakat şebeke akımı ve dc bara geriliminde dalgalanma artmıştır. İncelenen devrelerde görülen kararsızlık aktif dc bara gerilimi denetimi uygulanarak ortadan kaldırılabilir.



Şekil 4: Sabit moment yükünde bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yöntemi uygulanan 37 kW motor sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (mavi 50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).



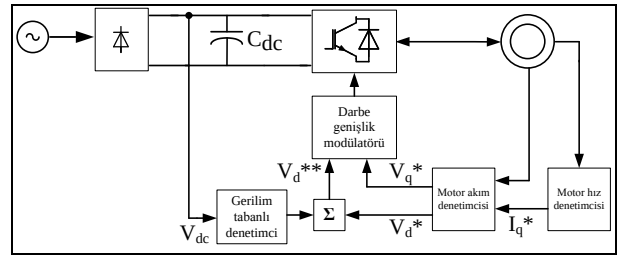
Şekil 5: Havalandırıcı yükünde bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yöntemi uygulanan 37 kW motor sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (mavi 50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

3. Aktif DC Bara Gerilimi Denetim Yöntemleri

Aktif dc bara gerilimi denetim yöntemleri, pasif diyotlu doğrultucu herhangi bir gerilim/akım işareti ekleme ya da çıkarmaya olanak vermediği için motor deneticisi üzerinde yapılacak işaret işlemleriyle gerçekleştirilebilir. Denetimler gerilim ve akım tabanlı olmak üzere iki grupta incelenebilir.

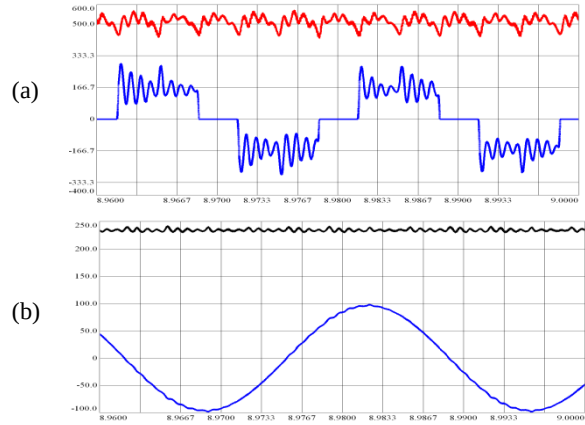
3.1. Gerilim Tabanlı DC Bara Denetimi

Bu yöntemde amaç, dc baradan alınan gerilim geri beslemesi kullanılarak vektör denetimli sürülen motora uygulanan gerilim referansına işaret ekleme ve çıkarma işlemi ile bara gerilimindeki dalgalanmaları önlemektir. Şekil 6'da gerilim tabanlı dc bara denetiminin geliştirilmiş blok diyagramı görülmektedir.

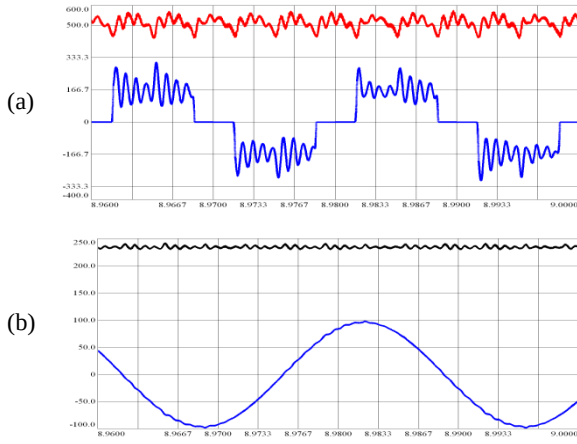


Şekil 6: Gerilim tabanlı dc bara gerilimi denetim diyagramı.

Doğrudan motora uygulanan gerilim üstünde işlem yapıldığı için bu yöntem gerilim tabanlı olarak adlandırılır [2],[3],[4]. Bu çalışmada [3]'te önerilen yöntem 37 kW asenkron motor sürücü benzetimlerinde kullanılmıştır. Yöntem, bara gerilimindeki yüksek frekanslı rezonans bileşeninin ($f_n=1.576$ kHz) 180° faz kaydırılıp, dc bara ortalama gerilim işaretine eklenerek, bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yönteminin yeni değere göre çalıştırılması mantığına dayalıdır. Şekil 7'de, [3] yöntemi kullanılan sabit moment yüklü 37 kW sürücü benzetim sonuçları görülmektedir. Şekil 8'de havalandırıcı yükünde 37 kW sürücünün dc bara gerilimi ve şebeke akımı, motor moment ve faz akımı görülmektedir.



Şekil 7: Sabit moment yükünde gerilim tabanlı bara denetimli 37 kW sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), 3*şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (mavi 50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

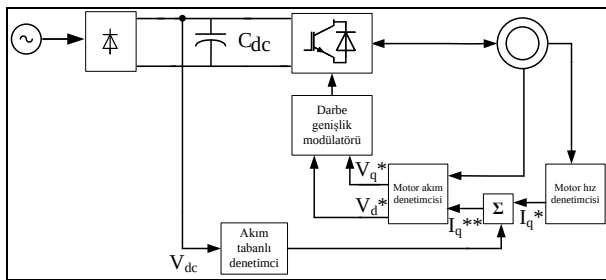


Şekil 8: Havalandırıcı yükünde gerilim tabanlı bara denetimi 37 kW sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), 3*şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

Gerilim tabanlı denetim yönteminden iki yük tipi için elde edilen dalga şekilleri incelendiğinde, denetimsiz devrede meydana gelen yüksek frekanslı ve genlikli dalgalanmaların söndürüldüğü ve dc bara geriliminin altı darbeleri şekle dönüştüğü gözlenmektedir. Buna bağlı olarak şebeke akımı ideal kare dalga şekline yakınsamış ve % 42 THB_{is} elde edilmiştir, harmonik bozulma azalmıştır.

3.2. Akım Tabanlı DC Bara Denetimi

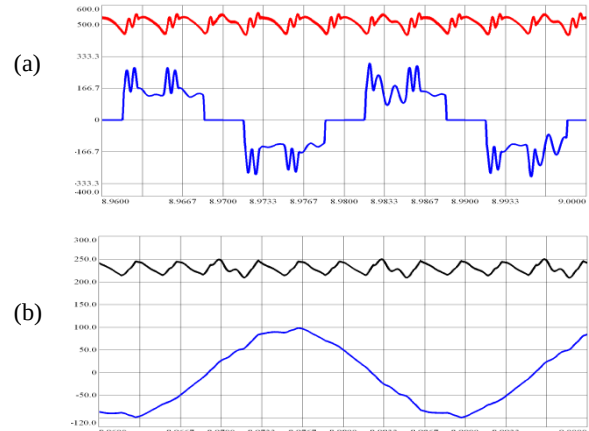
Bu yöntemde hedeflenen, dc baradan alınan gerilim geri beslemesi ile asenkron motor denetimcisinin akım denetimcisine verilen işareti güncelleyip, dc bara gerilim kararlılığını sağlamaktır. Bu tip bir yöntemin doğru çalışabilmesi, akım denetimcisinin dc baradaki yüksek frekanslı gerilim dalgalanmasını denetim altına alabilmesine bağlıdır ve yüksek bant genişliğine sahip bir motor akım denetimcisinin olması gerekir. Şekil 9'da akım tabanlı dc bara gerilim denetiminin geliştirilmiş blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 9: Akım tabanlı dc bara gerilimi denetim diyagramı.

Şekil 10'da [6]'da önerilen yöntemle sürülen 37 kW sabit moment yüklü sürücü benzetim sonuçları mevcuttur. Bu yöntemdeki temel hedef, bara geriliminden alınan geri besleme işareti kullanılarak motor q eksenli akım bileşenine işaret eklenmesi yoluyla devredeki söndürme katsayısını yükseltmek ve bara kararlılığını yükseltmektir. Yöntemin uygulanabilmesi için, motor akım denetimcisi bant genişliği $f_0 > f_n = 1.576$ kHz şartı sağlanmalıdır. Bu nedenle $f_0 = 2$ kHz

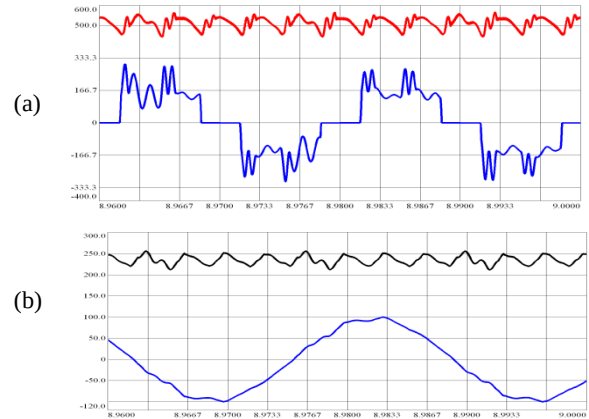
seçilmiştir. Motor akım denetimcisi bant genişliğini yükseltmek için ise evirici anahtarlama frekansı yükseltilmelidir ve bunu sağlamak için $f_c = 20$ kHz olarak kullanılmıştır.



Şekil 10: Sabit moment yükünde akım tabanlı bara denetimi 37 kW sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

Şekil 10 incelendiğinde, akım tabanlı denetim yönteminin dc gerilimi ideal altı darbeye yaklaştırdığı ve şebeke akımı dalga şeklini iyileştirdiği görülmektedir (THB_{is} = % 43). Fakat motor momenti kırıltısı yükselmiştir. Bu sonuçta yöntemin parametre hassasiyetinin yüksek olmasının etkisi olduğu yorumu yapılabilir.

Şekil 11'de 37 kW havalandırıcı yükü için elde edilen dc bara gerilimi ve şebeke akımı, motor momenti ve faz akımı görülmektedir.



Şekil 11: Havalandırıcı yükünde akım tabanlı bara denetimi 37 kW sürücü benzetim sonuçları (a) dc bara gerilimi (kırmızı 167 V/bölme, 3.3 ms/bölme), 3*şebeke akımı (mavi 167 A/bölme, 3.3 ms/bölme) (b) motor momenti (siyah 50 N.m/bölme, 3.3 ms/bölme), faz akımı (50 A/bölme, 3.3 ms/bölme).

Akım tabanlı denetimin sonuçları incelendiğinde, kararlı çalışma noktasına ulaştırılan sürücüde iki farklı yük tipinde de denetimsiz uygulamaya göre yüksek başarımla elde edildiği görülmektedir.

4. Uygulanan Denetim Yöntemleri İçin Benzetim Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması

Hem gerilim hem de akım tabanlı dc bara gerilim denetim yöntemleri, dc baradaki dalgalanmaları sönümlendirmiş ve şebeke akımı kalitesini yükseltmiştir. Çizelge 1’de denetim yöntemlerinin uygulama açısından nitelikleri, yüksek ve düşük sığalı, geleneksel bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yöntemi uygulanan ve uygulanmayan, aktif bara gerilim denetimli ve denetimsiz sürücülerden elde edilen şebeke akımı toplam harmonik bozulması (THB_{is}) ve motor faz akımı harmonik bozulması (THB_{im}) değerleri verilmiştir. Gerilim ve akım tabanlı bara gerilim denetim yöntemleri oldukça yakın THB_{is} değerleri ortaya çıkarmıştır ve kararsız devredeki THB_{is} yaklaşık % 42-43 düzeyine indirilmiştir. Akım tabanlı denetim yöntemi motorda moment kırıltısını yükseltmiş ve gerilim tabanlı yöntemle göre daha yüksek THB_{im} üretmiştir. Yöntemlerin uygulama kolaylığı karşılaştırıldığında ise; akım tabanlı denetim yüksek motor akım denetimcisi bant genişliği gerektirmiş ve bunun sağlanabilmesi için anahtarlama frekansı yükseltilmiştir. Gerilim tabanlı yöntemde böyle bir şart bulunmamaktadır ve uygulaması daha kolaydır. Denetim yöntemlerinin başarımları konusunda üzerinde durulması gereken bir nokta da denetim algoritması için kullanılan parametre bağımlılığıdır. Her yöntem seçilen parametrelere bağlı olarak farklı düzeyde başarımlar gösterebilir. Bara gerilimi bozucu etkiyi kaldırma yöntemi ise yüksek sığalı sistemde THB_{im} ’yi ve motor momenti üstündeki kırıltıyı azaltmış, THB_{is} ’yi etkilememiştir. Düşük sığalı kondansatörlü sürücülerde ise motor momentindeki kırıltıyı düşürmüş fakat devre kararsızlığını arttırmıştır. Yük tipinin etkisi incelendiğinde ise sabit moment ve havalandırıcı yükünün dc bara gerilim kararlılığına olan etkileri yakın çıkmıştır.

Çizelge 1: C_{dc} boyutu ve denetim yöntemine göre sürücü başarımlarının değerlendirilmesi

Yöntem	THB_{is} (%)	THB_{im} (%)	Uygulama zorluğu	Motor akım denetimcisi bant genişliği	Yüke bağımlılık	Parametre bağımlılığı
Yüksek C_{dc} filtersiz	138	2.5	Basit	Düşük olabilir	Az	-
Yüksek C_{dc} filtersiz + (3)	138	2	Basit	Düşük olabilir	Az	-
Yüksek C_{dc} filtreli	29	2.5	Basit	Düşük olabilir	Az	-
Yüksek C_{dc} filtreli + (3)	29	2.5	Basit	Düşük olabilir	Az	-
Düşük C_{dc}	34	3	Basit	Düşük olabilir	Yüksek	-
Düşük C_{dc} + (3)	80	1	Basit	Düşük olabilir	Yüksek	-
Düşük C_{dc} denetimli [3]	42	0.78	Basit	Düşük olabilir	Yüksek	Düşük
Düşük C_{dc} denetimli [4]	40	< 5	Basit	Düşük olabilir	Yüksek	Düşük
Düşük C_{dc} denetimli [5]	40	< 5	Basit	Düşük olabilir	Yüksek	Düşük
Düşük C_{dc} denetimli [6]	43	6.3	Zor	Yüksek olmalıdır	Yüksek	Düşük

5. Sonuçlar

Bu çalışmada diyotlu doğrultucu girişli ac motor sürücülerinin dc barasında yüksek sığalı elektrolitik kondansatör yerine düşük sığalı film kondansatör kullanılması sistem ömrü, maliyet ve şebeke güç kalitesine olan olumlu etkileri açıklanmıştır. Düşük sığalı kondansatörlü

devrede pasif eleman boyutlandırması ve literatürde bulunan bazı aktif dc bara gerilimi denetim yöntemleri incelenmiştir. Yöntemler 37 kW gücünde asenkron motorun sabit moment ve fan yükünde vektör denetimli sürümü benzetimlerinde uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar şebeke akımı kalitesi, dc bara gerilim kararlılığı, motor faz akımı ve motor momenti açısından incelenmiştir. Geleneksel yüksek sığalı kondansatör bulunduran sürücülerle düşük sığalı kondansatör bulunduran sürücüler hem nicelik hem de niteliksel olarak karşılaştırılmıştır. Düşük sığalı film kondansatörün kullanıldığı sürücülerde dc bara kararlılığını sağlamak için aktif denetim yöntemleri ve bunlar içinde gerilim yönteminin kullanımı faydalı ve pratik açıdan uygulanabilir bir yaklaşımdır.

6. Kaynaklar

- [1] “Danfoss and SBE Display New Fully Integrated Capacitor/Bus/IBGT Modules at APEC.” Internet: <http://www.sbelectronics.com/2012/02/danfoss-sbe-display-new-fully-integrated-capacitor-bus-ibgt-modules-at-apec/>, [Temmuz. 12, 2012].
- [2] M. Hinkkanen and J. Luomi, “Induction motor drives equipped with diode rectifier and small DC-link capacitance,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no.1 pp. 312-320, Jan. 2008.
- [3] L. Mathe, H. R. Andersen, R. Lazar, M. Ciobotaru, “DC-link compensation method for slim DC-link drives fed by soft grid,” *Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on*, vol., no., pp.1236-1241, 4-7 July 2010.
- [4] R. Maheshwari, S. Munk-Nielsen, B. Henriksen, P. M. Obel, H. Kragh, “Active damping technique for small DC-link capacitor based drive system,” *Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium on*, vol., no., pp.1205-1209, 4-7 July 2010.
- [5] Wook-Jin Lee, Seung-Ki Sul, “DC-link voltage stabilization for reduced dc-link capacitor inverter,” *Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009. IEEE*, vol., no., pp.1740-1744, 20-24 Sept. 2009.
- [6] K. Pietilainen, L. Harnefors, A. Petersson, H.-P. Nee, “DC-Link Stabilization and Voltage Sag Ride-Through of Inverter Drives,” *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, vol.53, no.4, pp.1261-1268, June 2006.
- [7] H. Zubi, “Lowpass Broadband Harmonic Filter Design,” M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Dept. of Electrical and Electronics Eng., Ankara, 2005.
- [8] V. V. Aban ve A. M. Hava, “AC-AC Motor Sürücülerde Giriş Güç Kalitesi ve Enerji Verimliliği,” *EVK 2011, IV. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 2011, sayfa 26-31.
- [9] Medium power film capacitors for power applications, AVX Corp.
- [10] V. V. Aban, “The Design, Control, And Performance Analysis Of Ac Motor Drives With Front End Diode Rectifier Utilizing Low Capacitance Dc Bus Capacitor And Comparison With Conventional Drives,” M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Dept. of Electrical and Electronics Eng., Ankara, 2012.