

GELİŞTİRİLMİŞ DGA İŞARETLERİNİN PIC MİKRODENETLEYİCİLERLE ÜRETİLMESİ

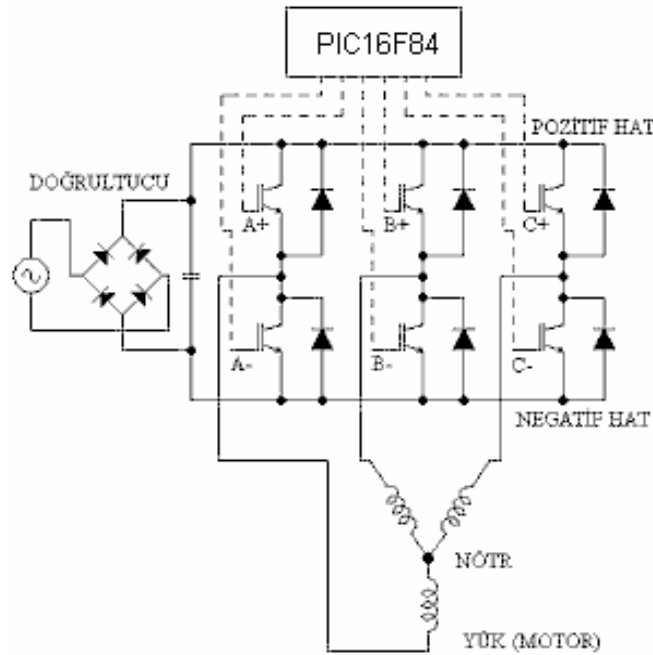
Tarık ERFİDAN Satılmış ÜRGÜN Bekir ÇAKIR Yakup KARABAG
Kocaeli Üniversitesi Müh.Fak. Elektrik Mühendisliği Bölümü, 41100, İzmit/Kocaeli
Tel :0-262-3224570/71 Fax : 0-262-3225092
tarik@kou.edu.tr urgun@hotmail.com bcakir@kou.edu.tr ykarabag36@hotmail.com

ÖZET

Son yıllarda hız denetimli sürücülerin (HDS) kullanılmasında önemli bir artış olmuştur. HDS'lerin endüstriyel, otomotiv ve tüketim marketleri gibi alanlarda kullanımı hızla artmaktadır. HDS'lerin üstünlükleri sistemin verimini arttırması ve fiyatını düşürmesidir. Uzak vektör ayarı yada UVA (space vector modulation) , HDS'lerin verimini arttıran yöntemlerden bir tanesidir. Geliştirilmiş UVA algoritmaları 8-bit'lik mikro denetleyicilerle gerçekleştirilebilir böylece sistemin fiyatı düşer. Ayrıca 8-bit'lik mikro denetleyici yerine DSP modülleri de kullanılabilir fakat bu da fiyatı arttırır. Bu çalışmada, ucuz fiyatlı 8-Bitlik 16F84 PIC mikrodenetleyici ile UVA sinyallerinin üretilmesi incelenmektedir.

I. GİRİŞ

UVA üç fazlı eviriciler için sinüsoidal gerilim üretmekte kullanılan yöntemlerden biridir. Şekil 1'de evirici beslemeli tipik HDS sistemi görülmektedir. Burada yük endüksiyon, relüktans yada fırçasız DA motoru olabilir. Şekil 1'de denetim biriminin ürettiği darbe genişlik ayarı (DGA) işaretleri transistörlere gönderilir ve evirici çalıştırılır.

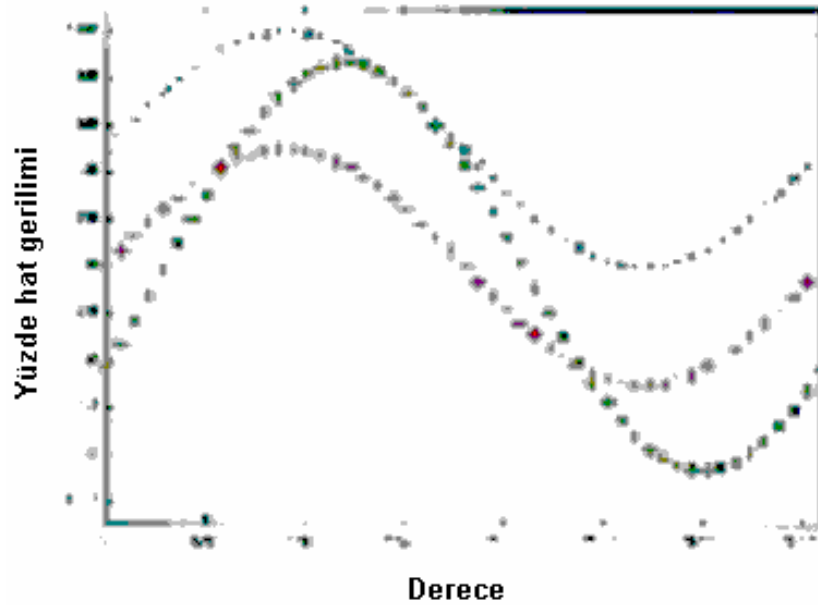


Şekil 1 Tipik evirici beslemeli DHS sistemi

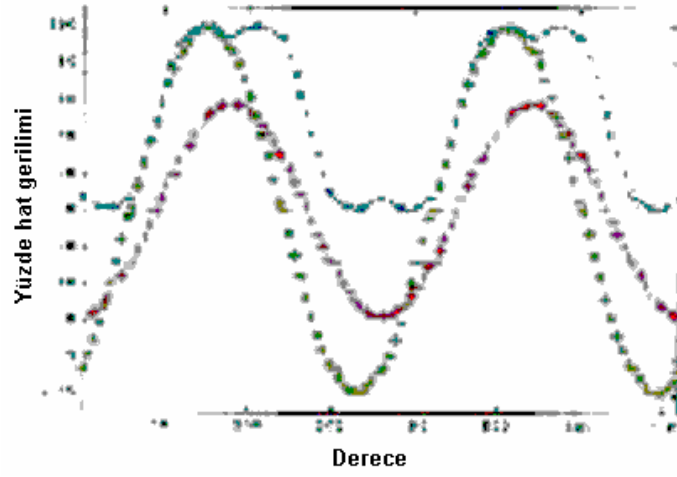
UVA ile sinüsoidal ağırlıklı DGA (Darbe Genişlik Ayarı) karşılaştırılırsa; bu yöntem sinüsoidal gerilim üretmek için kullanılan en yaygın yöntemdir. SADGA, sinüsoidal ağırlıklı DGA işaretlerini sabit frekansta transistöre iletir. Şekil 1'in üst tarafındaki transistörlere gönderilen DGA işaretleri 120° faz farklı olmalıdır. Alt taraftaki transistörlere gönderilen DGA işaretleri, üst taraftaki transistörlere gönderilen işaretlerin tümleyeni olmalı ve bu DGA işaretleri sıçrama akımlarını engelleyecek ölü zamanı içermelidir.

İstenen SADGA işaretleri PIC mikrodenetleyicinin EEPRROM saklayıcısı kullanılarak elde edilebilir. Değişken genlikli sinüsoidal sinyaller üretmek için sinüs tablosu değişik değerler için ölçeklendirilebilir. Mikro denetleyicilerle bilgi tablosundan okunan değerler bir'den fazla okunarak düşük frekanslı işaretler yada okuma işleminde atlama yapılarak yüksek frekanslı işaretler elde edilebilir.

Şekil 2.a'da filtrelenmiş enbüyük genlikli SADGA çıkış gerilimleri görülmektedir. Bu dalgalar, ölçülen faz gerilimlerinin yüzde değerleridir ve burada negatif hat referans alınmıştır. Şeklin gösterdiği gibi hat-hat gerilimlerinin genlikleri evirici hat geriliminin yalnızca %86'sıdır. Burada hat-hat gerilimi V_{AB} 'nin pozitif yada negatif hat gerilimlerine ulaştığı kabul edilebilir. Örneğin, Şekil 1'deki A+ ve B- transistörleri iletimde olursa V_{AB} evirici hat gerilimine eşit olur. Bu düşük hat-hat gerilimi SADGA yönteminin en önemli sakıncasıdır. Burada UVA yöntemi kullanılsaydı motora daha büyük genlikli gerilimler uygulanabilirdi.



(a)



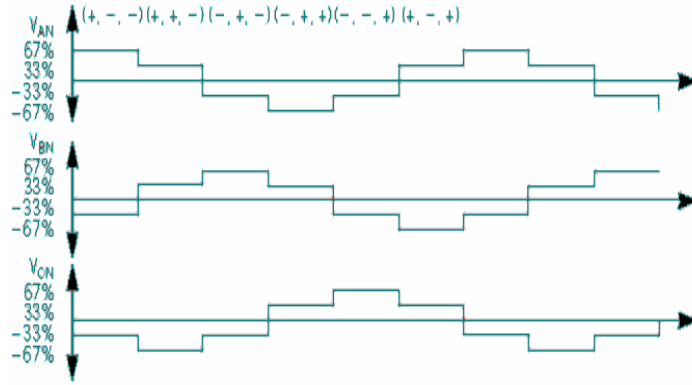
(b)

Şekil 2. (a) UVA ile elde en büyük çıkış gerilimi
(b) UVA ile elde edilen hat-hat ve hat-nötr gerilimleri

Motor denetiminde hat-nötr gerilimi (V_{AN}) ve indüklenen faz gerilimi her bir fazdan geçen akımı belirler. Faz akımları da motor momentini belirlemektedir. Böylece, hat-nötr geriliminin sinüsoidal olmasının önemli olduğu ve faz gerilimlerinin neye benzediğinin önemli olmadığı görülür. UVA ile faz gerilimi sinüsoidal üretilmez fakat hat-nötr yada hat-hat gerilimleri Şekil 2.b'de görüldüğü gibi sinüsoidaldir. Bundan başka hat-hat geriliminin genliği evirici hat geriliminin tamamına ulaşır ve buda göstermektedir ki UVA sinüsoidal gerilim üretmek için büyük bir üstünlüğe sahiptir. UVA'yı tamamlamak için SADGA algoritması kullanılabilir ve EEPROM sinüs tablosu Şekil 2.b'de görülen faz gerilimi dalga şekli ile yer değiştirebilir. Gerçekte, Şekil 2.b'de görüldüğü gibi sonsuz sayıdaki faz gerilimleri aynı hat-nötr gerilimlerini üretebilir. Öyleyse, neden bilinen diğer DGA yöntemleri yerine UVA kullanılsın? Bu sorunun cevabı UVA'nın vektör denetim şemasına çok uygundur. UVA'nın cazip olmasının diğer nedeni de faz gerilim eşitliklerinin basit bir şekilde uygulanabilir olmasıdır. İyi bir UVA algoritması hat gerilimini hesaplayabilir ve burada 60° 'lik bilgi içeren basit ve küçük bir bilgi tablosu yeterli olacaktır. UVA denklemlerinin basit hesaplamaları vardır çünkü negatif sayılar içermezler. Bu üstünlüklere ek olarak, UVA kendi kendine fazlardan ayar yapar. Fazlardan yapılan ayar düzgün ve büyük gerilimler üretir.

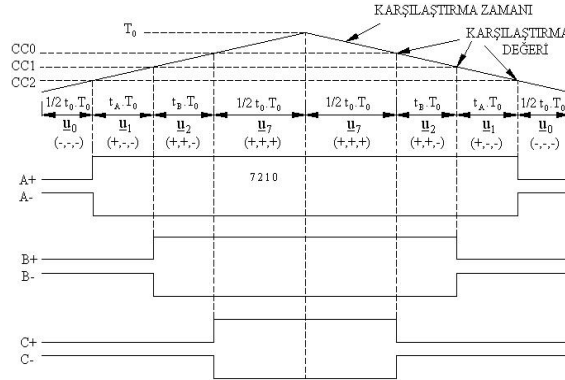
II. UVA YAPISI ve 6-ADIMLI KLASİK DGA YÖNTEMİNE ÜSTÜNLÜKLERİ

UVA'da mikro denetleyici algoritmasının ve fazla ayarın açıklanması için ilk olarak bilinen altı-adım yöntemi ile UVA'nın sinüsoidal hat-nötr gerilimini nasıl ürettiğine bakalım. Şekil 3'te eviriciden altı-adım yöntemi kullanılarak elde edilen saf dirençli ve dengeli yükteki gerilimler görülmektedir. Her bir adımda evirici anahtarları sabit konumdadır. Eviricini konumu (x,x,x) işaret sistemi ile gösterilir. Örneğin evirici konumu (+,-,+) ise transistör A+,B- ve C+'nın iletimde olduğu belirtilir.



Şekil 3. 6-adımlı eviricinin ürettiği faz gerilimleri

UVA'nın açıklanmasının bir yolu da, altı adım yönteminde adımların ortadan kaldırılması için karmaşık ortalama tekniğinin kullanıldığını belirtmesidir. Farz edelim ki gerekli gerilim evirici konumları (+,-,-) ve (+,+,-) arasında olsun. UVA bir DGA çevriminde (T_0), t_A anında uygulanan ilk durum (+,-,-) ve bir sonraki t_B anında ki durum (+,+,-) arasında yaklaşım yapabilir. Eğer DGA çevriminde kullanılmayan herhangi bir zaman varsa, UVA kullanılmayan bu zaman (t_0) boyunca evirici konumunu (+,+,+) yada (-,-,-) yaparak yüke sıfır gerilim uygular. Bu tip UVA uygulamaları her bir evirici konumunun etkin olduğu zaman dilimleriyle ilgilenir. Şekil 4 simetrik DGA için anahtarlama dizisini ve T_0 , t_A , t_B ve t_0 anları ile bu dizinin ilişkisini göstermektedir. Bu çeşit simetrik DGA'nın üstünlükleri vardır çünkü çok az anahtarlama sayısı vardır ve düşük moment titreşimleri üretilir.



Şekil 4. Simetrik UVA işaretlerinin elde edilmesi.

Şekil 4'teki uygulama PIC16F84 işlemcisi temel alınarak yapılmıştır. Karşılaştırma zamanı, çıkış uçlarını anahtarlara simetrik DGA işaretleri üretir. Bu işaretler karşılaştırma zamanı ve karşılaştırma seviyesi kullanılarak yapılır. Karşılaştırma değeri ve t_A , t_B ve t_0 arasındaki ilişki Şekil 4'ten görülebilir.

$$CC0 = (t_0/2) * T_0; \quad (1)$$

$$CC1 = ((t_0/2) + t_A) * T_0; \text{ ve} \quad (2)$$

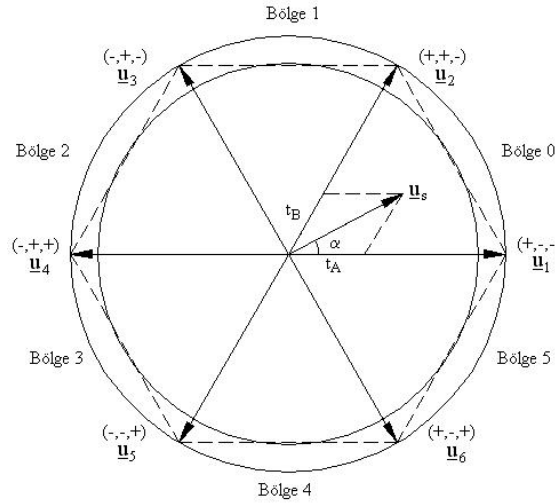
$$CC2 = (1 - (t_0/2)) * T_0; \quad (3)$$

Altı-adım yöntemi gerilimlerinin grafiksel olarak gösterimi için t_A ve t_B değerlerinin hesaplanması gerekir. Altı-adım yönteminde hat-nötr gerilimlerinin uzay vektörüne

dönüştürülmesi ve vektörlerin karmaşık düzlemde çizilebilmesi için Şekil 5’te görülen vektörler üretilir. Aşağıdaki denklem üç fazlı niceliklerde dönüşüm yapabilir ve bu durumda hat-nötr gerilimlerinin uzay vektörü toplamları sıfır olur.

$$\underline{u}_s = V_{AN}(t)e^{j0} + V_{BN}(t)e^{j2\pi} + V_{CN}(t)e^{-j2\pi} \quad (4)$$

Şekil 5’te altı adet ayrıık uzay vektörü vardır ve her bir vektör altı-adım çalışmanın bir



Şekil 5 Hat-nötr gerilimlerinin altı-adımlı uzay vektörlerine dönüştürülmesi ve vektörlerin karmaşık düzlemde çizilmesi.

konumuna denk gelir. Burada \underline{u}_s , α açısına ve U genliğine sahip uzay vektör gerilimidir. Eğer sinüsoidal üç faz gerilimleri doğrudan uzay vektörüne dönüştürülürse, U değeri her zaman sabit kalır fakat α sabit oranda artar. Eğer α yavaş bir şekilde artıyorsa UVA algoritması her bir anahtarlama çevriminde U ve α 'yı sabit kabul eder. Altı temel vektör haricindeki her hangi bir vektör için gerilim iki vektör arasındadır. Algoritma, komşu iki temel vektör arasında bir yaklaşım yapmalıdır. İki komşu temel vektör üzerinde \underline{u}_s gösterimi t_A ve t_B değerlerini verir. Aşağıdaki denklemlerle \underline{u}_s Bölge 0'da ki t_A ve t_B değerleri belirlenir.

$$t_B = 2U(3^{-1/2})\sin(\alpha); \quad (5)$$

$$t_A = U[\cos(\alpha) - (3^{-1/2})\sin(\alpha)]; \text{ ve} \quad (6)$$

$$t_0 = T_0 - t_A - t_B; \quad (7)$$

UVA için verilen denklemler gösteriyor ki \underline{u}_s vektörü altıgen vektörlerin dışında bulunduğu fiziksel olarak mümkün olmasa da t_0 negatif olmaktadır. bunun manası U genliğinin uzunluğu Şekil 5'te gösterilen iç dairenin yarı çapından büyüktür fakat bu mümkün olamaz. İç daire ve altıgen arasındaki gerilimler ulaşılabilir fakat sinüsoidal olarak üretilemezler çünkü vektör altıgen sınırı kesmeden 360° dönemez. Yukarıdaki t_A ve t_B denklemleri \underline{u}_s vektörü Bölge 0'da olduğunda geçerlidir. Eğer \underline{u}_s Bölge 0'ın dışında ise denklemin sonuçları hala kullanılabilir fakat algoritma vektör Bölge 0'da oldukça vektörü 60° 'lik artımlarla geri çevirir. Mikro denetleyici uygun anahtarlama durumlarına göre t_A ve t_B değerlerini uygular.

III. UVA'NIN BİLGİ TABLOLARI İLE UYGULANMASI

Karşılaştırma değerinin hesaplanması için t_A , t_B ve t_0 değerlerinin hesaplanması gerekir. Bu değişkenlerin de hesaplanabilmesi için sinüs ve kosinüs değerlerinin bilinmesi ve birkaç çarpma işleminin yapılması gerekir. Yapılacak bütün işlemler için 8-bit'lik mikro denetleyici yapısı uygundur. Örneğin karşılaştırma zamanı için 0'dan 0xFF değerine kadar bir saat çevrimi programlanırsa, mikro denetleyici karşılaştırma değerlerini 8-bit olarak saklar.

Eğer, Bölge sıfır 256 açıdan oluşuyorsa α açısının gerçek değeri $0,235^\circ$ dir. Bu derecedeki doğruluk bütün HDS'ler için ihtiyaçtan ötesidir. Her bir bölgedeki 256 açıklık bölünmenin manası α 'nın 11-bit'ten fazla yer tutmasıdır. Bu uzunluk uygundur çünkü en önemli üç bit bölgeyi gösterir ve en az ağırlıklı 8-bit bölge içindeki açı değerlerini gösterir. Mikro denetleyici bu değerleri iki byte'ta saklayabilir. En az ağırlıklı byte her zaman t_A ve t_B denklemlerinde kullanılır, çünkü bu değerler her zaman sıfırdan büyük olacaktır, mikro denetleyici negatif değerleri her zaman göstermeyebilir. Mikro denetleyici aynı işlevi t_A içinde yapar. Bununla beraber, t_A içinde alıştırma yapılırsa bilgi tablosunun t_B ile aynı olduğu görülür fakat değerler ters işaretlidir. Mikro denetleyici t_A ve t_B için değerleri aynı bilgi tablosunda saklayabilir. Çünkü tablo 256 byte uzunluktadır, aynı gösterge (α) t_A ve t_B için yeniden elde edilir. Mikro denetleyici basit olarak göstergenin tümleyenini alır. Böylece mikro denetleyici t_A ve t_B değerlerini büyük açı değerleri için iki bilgi tablosu ve iki çarpım işlemi kullanarak elde edebilir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmadan görüleceği üzere UVA, sayısal denetime uygunluğu, ucuz maliyetli PIC mikrodenetleyiciler ile kolaylıkla elde edilebilmesi, klasik yöntemlere göre daha fazla D.C. hat gerilimini kullanması ve daha az harmonik bileşenler üretmesi ile klasik DGA yöntemlerinin yerine kullanılması çok daha uygundur.

KAYNAKLAR

1. S.Bolognani, M.Zigliotto, "Space Vector Fourier Analysis of SVM Inverters in the Overmodulation Range", IEEE 0-7803-2795-0
2. P.C.Luk, K. Khanlichi, "A Low Cost Pc-Based User Interactive Induction Motor Drive System", 0-7803-2775-6/96, 1996 IEEE
3. S.Mazumder, "Complete Mathematical Analysis of Ripple Current as a function of the Modulation index for Direct Indirect and bus Clamped Space Vector Modulation Techniques", 0-87803-3946-0/97, 1997 IEEE
4. C.B.Jacobina, A.M.N.Lima, E.R.C.da Silva, "PWM Space Vector Based in Digital Scaler Modulation", 0-7803-3840-5/97, 1997 IEEE