



4th International Advanced Technologies Symposium
September 28–30, 2005 Konya / Türkiye



TMS320F2812 DSP İŞLEMCİSİ KULLANILARAK PARALEL AKTİF GÜÇ FİLTRESİNİN BULANIK MANTIKLA DENETİMİ

Nurettin DOĞAN¹

Fecir DURAN²

¹Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
06500, Teknikokullar, ANKARA TR ndogan@gazi.edu.tr

²Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
06500, Teknikokullar, ANKARA TR fduran@gazi.edu.tr

ÖZET

Güç sistemlerinde kullanılan diyot, tristör, mosfet ve IGBT gibi yüksek frekanslarda çalışabilen güç elektroniği elemanlarının kullanılması hat gerilimi ve akımı üzerinde harmoniklerin oluşmasına neden olmaktadır. Hat geriliminden doğrusal olmayan yükler beslendiği zaman hattın çekilen akım ile gerilim arasında bir faz farkı oluşur. Şebekeden reaktif gücün çekilmesi nedeniyle istenmeyen güç kayıpları oluşmaktadır. Bunları önlemek için aktif güç filtreleri (AGF) kullanılır. Paralel aktif güç filtreleri (PAGF) yükün Alternatif Akım (AA) kaynağı üzerinde oluşturduğu harmonik akımları ortadan kaldırmak için yüke paralel bağlanmış bir darbe genişlik modülasyonu (DGM) çevirici devreleridir. Bu çalışmada TMS320F2812 DSP işlemcisi kullanılarak paralel aktif güç filtresi gerçekleştirilmiştir. PAGF'nin denetiminde bulanık mantık metodolojisi kullanılmaktadır. Uzman bilgisini kullanması ve esnek oluşu nedeniyle bulanık mantık tercih edilmiştir. Anahtarlama elemanı olarak IGBT'ler kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Paralel Aktif Filtre, Bulanık Mantık, DSP

GİRİŞ

Günümüzde doğrusal olmayan yüklerin kullanımının hızla artması hat geriliminde, harmoniklere ve reaktif güç oluşumuna neden olmaktadır. Güç dağıtım sistemlerinde, gerilim ve akım harmoniklerinin bulunması, hattaki kayıpların artmasına, güç faktörünün azalmasına ve sistemdeki paralel kondansatörlerin rezonansa gelmesine neden olmaktadır. Reaktif güçlerin kompazasyonu için kullanılan geleneksel paralel pasif LC filtrelerin ve kapasitörlerin uygulamada birçok zayıflıkları olmaktadır. Bunlardan başlıcaları, çok büyük boyutlarda olması, rezonans, sabit kompazasyon etkisi, gürültü ve kayıplar olarak sıralanmaktadır. Aktif güç filtreleri yükten ve hattın kaynaklanan akım ve gerilim harmoniklerini ortadan kaldırmak için kullanılan dinamik güç çevrim sistemleridir. Pasif filtrelerle karşılaştırıldıklarında daha iyi harmonik bastırma karakteristiğine ve etkilerine sahiptirler.

Son 20 yıldan günümüze doğrusal olmayan yüklerin kullanımının hızla artması nedeniyle AGF ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır [1-11]. Tek faz şehir şebeke gerilimindeki bozulunumlarında telafi edilmesi için çalışmalar yapılmaktadır [1-8].

PAGF doğrusal olmayan yüklere paralel bağlanarak akım kaynağı etkisi yapmaktadır. Yük tarafından oluşturulan akım harmoniklerini ortadan kaldıran ve kompazasyon yapan güç sistemidir.

Bu çalışmada, yüksek frekansta çalışan TMS320F2812 DSP işlemcisi ve bulanık mantık denetleyicisi ile tek faz PAGF gerçekleştirilmektedir. Giriş bölümünde bu konuda yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir. Birinci bölümde tasarlanan sistem kısaca açıklanmaktadır. İkinci bölümde bulanık mantık denetleyicisinin yapısı ve tasarımı kullanılan değişkenlerle ilgili bilgi verilmektedir. Deneysel

çalışma ve sonuç bölümünde PAGF'nin bulanık mantık denetleyicisi denetiminden elde edilen sonuçlar verilmektedir. Bu sistem ile, doğrusal olmayan değişken yükler için verimli, harmonikleri bastırılmış ve reaktif güç harcaması en aza indirilmiştir.

PARALEL AKTİF GÜÇ FİLTRESİNİN TASARIMI VE TMS320F2812 İLE BULANIK MANTIKLA DENETİMİ

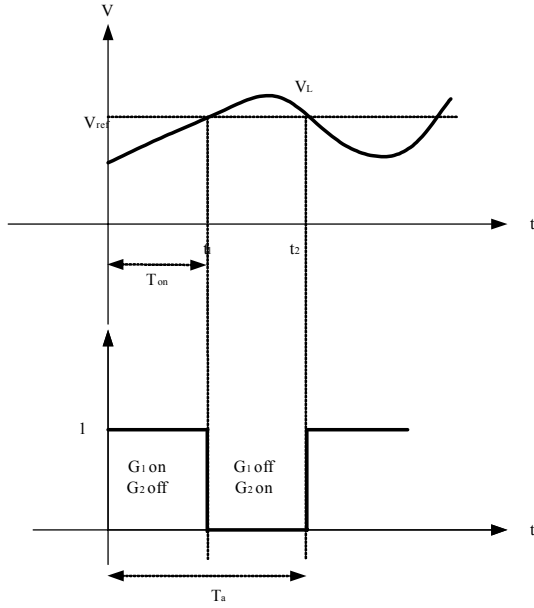
PAGF'nin yapısını, giriş gerilimi, giriş gerilimine bağlı doğrusal olmayan yük ve yüke paralel bağlı tam köprü güç çeviricisi oluşturmaktadır. Şekil 1a'da tasarlanan sistemin devre şeması ve Şekil 1b'de de resmi verilmektedir.

Güç Çeviricisi

Tam köprü çevirici, geleneksel PAGF'lerde kullanılan, yüke paralel bağlanan ve PAGF'lerin başarımını belirleyen çeviricilerdir [3]. PAGF'ler, yükün oluşturduğu harmoniklere ve reaktif güce karşı sıfırlayıcı bir harmonik ve reaktif güç kaynağı olarak kullanılırlar. Çeviricinin başarımını kullanılan metot ve darbe genişlik modülasyonunun üretim tekniği etkilemektedir. Uygulamalarda kullanılan en temel metotlar; doğrusal akım denetimi, sayısal deatbeat denetimi ve histerisiz denetimdir [8].

Bu çalışmada gerçekleştirilen güç çeviricisi, birleştirilmiş sabit frekanslı integrasyon metodolojisine sahiptir. Bu metotta harici kaynak ya da referanslara ihtiyaç duyulmamaktadır. Sensörler tarafından elde edilen, giriş akımı ve gerilimi, yük akımı ve filtre akımı denetim algoritmasının temelini oluşturmaktadır. Kullanılan diğer sensörler sistemin aşım değerlere ulaşması durumunda

G_1 ve G_2 anahtarları ise Şekil 2'de verilen çalışma moduna sahiptir.



Şekil 2. G_1 ve G_2 anahtarlarının referans gerilime göre çalışma modu

Şekil 2'de anahtarlama periyodu T_a ifade edilmektedir. T_a 'nın küçük bir değerlikte olması sistem tepkisinin iyileştirilmesinde önemli rol oynar. Bu çalışmada T_a 50 μ s olarak seçilmiştir.

TMS320F2812 DSP İşlemcisi

DSP 1970'lerin sonlarından günümüze geniş bir uygulama alanı bulmuştur. DSP'ler, veri sıkıştırma, fotoğraf inceleme, teşhis amaçlı görüntüleme, medikal görüntüleme, görüntülü konferans, radar, yer hareketleri kaydı ve analizi, spektral analiz, simülasyon ve modelleme, süreç izleme ve denetim, filtreleme, vb. gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır [12].

Bu sistemde kullanılan DSP işlemcisinin temel özellikleri şunlardır:

- 150 MIPS işlem hızı
- 128K Words Dahili Flash hafıza
- 64K Words Harici SRAM hafıza
- 30 MHz onboard işlemci osilatörü
- 2 adet genişletme yuvası

F2812'de 12 kanal darbe genişlik modülasyon (DGM) üretici mevcuttur. A ve B modülü olarak adlandırılan iki bölümde toplanan bu kanallardan her biri ayrı DGM sinyalleri üretebilmektedir. PAGF'nin bulanık mantık denetleyici çıkışı için kullanılan DGM sinyalleri asimetrik olarak üretebilmektedir. Bu özellik sayesinde denetim kaolayca uygulanabilmektedir.

TMS320F2812 A ve B olay yöneticileri tarafından yönlendirilen ve bir birinden bağımsız olarak çalışan iki ayrı 8 kanal analog dijital dönüştürücüden (ADC) oluşur. ADC kanalları bulanık mantık denetleyicisinin girişleri olan akım ve gerilim sinyallerinin elde edilmesi için kullanılmaktadır.

LA-55P Akım Sensörü

Doğrudan bağlantılı ya da hat ile izoleli çalışma prensibine sahiptir. Doğrusal RMS çıkışına sahip, hızlı, 4-20 mA standart bir akım çıkışı olan modüler bir

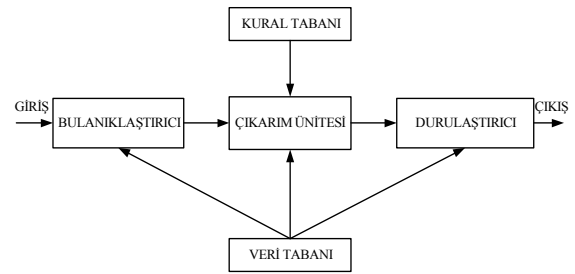
algılayıcıdır [13].

LV-25P Gerilim Sensörü

Hall-Effect prensibi ile çalışan ve hat ile izoleli çalışma prensibine sahiptir. Ayrıca sensör %99,2 gibi çok yüksek doğruluk oranına, çok yüksek doğrusallığa, yüksek band genişliğine ve düşük cevap zamanına sahiptir [13].

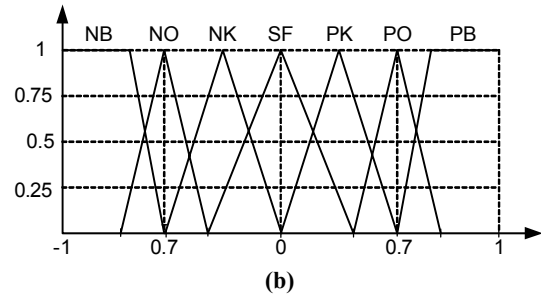
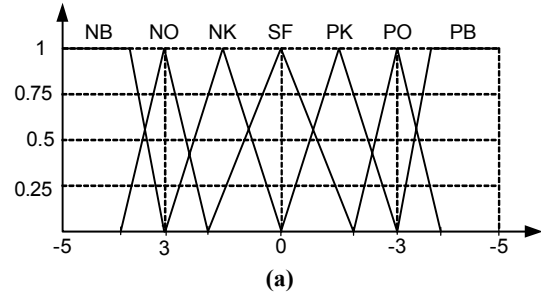
Bulanık Mantık Denetleyicisi

Bulanık mantıkta girişler, çıkışlar ve denetim tepkisi bir uzman tarafından belirlenecek tanımlarla ifade edilir. Sistemin karmaşık matematik modeline ihtiyaç duymamaktadır. Şekil 3'te görüldüğü gibi temel olarak girişteki sayısal değerlerin sözel ifadelerle atanması için bulanıklaştırma, karar verme için bulanık çıkarım ve sözel değerlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi için durulaştırma işlemlerinden oluşur [14-16].



Şekil 3. Bulanık Mantık denetleyicisinin blok diyagramı

Bulanık mantık denetleyicisinin giriş değişkenleri olarak, yük üzerindeki gerilim ile referans gerilim arasındaki fark gerilimi olan hata (e), bu gerilimdeki değişim miktarı hatadaki değişim (de) olarak kullanılmaktadır. Şekil 4 a'da ve b'de giriş değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları görülmektedir.

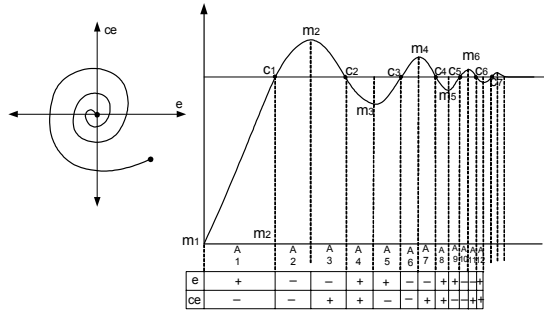


Şekil 4. Giriş üyeliği fonksiyonları a) Hata b) Hatadaki değişim

Bulanık mantık denetleyicisinde kullanılan kural tabanı Tablo 1'de verilmektedir. Kurallar uzman bilgisi ve Şekil 5'te verilen hata ve hatadaki değişim grafiğine göre belirlenmiştir.

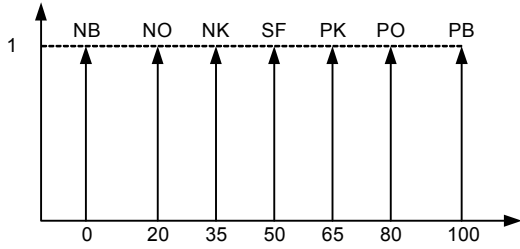
Tablo 1. Denetleyiciye ait kural tablosu
Hatadaki Değişim (de)

	NB	NO	NK	PO	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NB	NO	SF	SF	SF
NO	NB	NO	NO	SF	SF	SF	SF
NK	NO	NO	SF	SF	PO	PO	PO
SF	NO	SF	SF	PO	PB	PB	PB
PK	SF	SF	PO	PO	PB	PB	PB
PO	SF	SF	PO	PO	PB	PB	PB
PB	SF	SF	PO	PO	PB	PB	PB



Şekil 5. Hata grafiği

Denetleyici çıkışı için Şekil 6'da verilen teklik (singleton) tipi üyelik fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu üyelik fonksiyonunun hesapsal kolaylığı, hızlı olması ve mikrodenetleyicili sistemlere kolayca uygulanabilmesi kullanılmasındaki en önemli nedendir. TMS320F2812 DSP işlemcisinin 150 MHz hızı sahip olması giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının diğer mikro denetleyicilere göre daha fazla sayıda kullanılmasını sağlamaktadır.

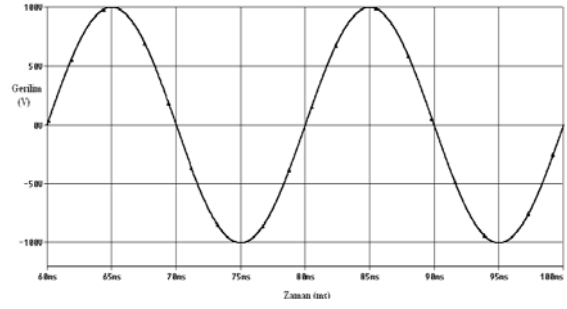


Şekil 6. Çıkış üyelik fonksiyonu

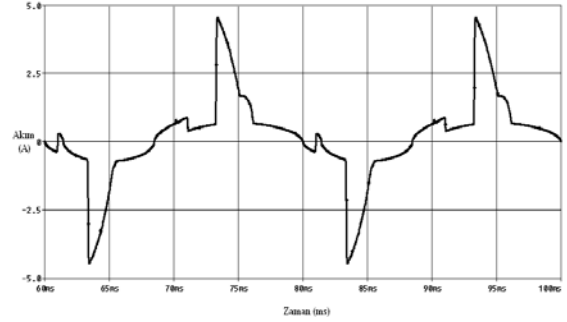
Bulanık mantık denetleyicisinin çıkarım ünitesinde max-min çıkarım metodu, durulaştırma ünitesinde ise ağırlık merkezi metodu kullanılmaktadır.

DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen DSP denetleyicili sistem üzerindeki deneysel çalışmada hat filtresinin çıkışındaki gerilim Şekil 7'de görülmektedir. PAGF devrede değil iken yükte ait akım dalga şekli Şekil 8'de olduğu gibi elde edilmiştir. Yük akımının dalga şekline bakıldığında doğrusal olmayan yükten dolayı sinyalin bozucu harmoniklere sahip olduğu görülmektedir.

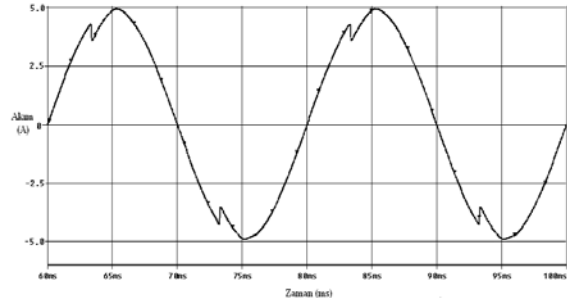


Şekil 7. Şebeke gerilimine ait dalga formu

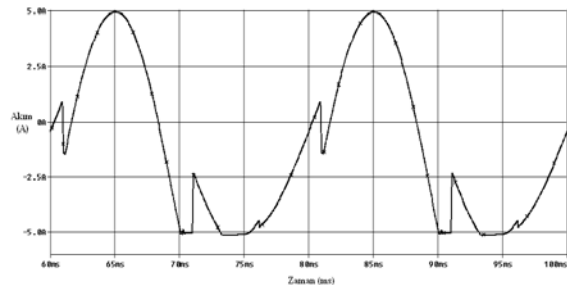


Şekil 8. PAGF devrede değilken I_L akım eğrisi

PAGF devreye girdiğinde akım eğrisinin Şekil 9'daki dalga şekline dönüştüğü izlenmiştir. Faz kaymasının engellendiği ve sistemdeki dalgalanmaların giderildiği gözlenmektedir. PAGF tarafından üretilen akımdan dolayı giriş gerilimi dalga şekli Şekil 10'daki gibi olmaktadır.



Şekil 9. PAGF devredeyken I_L akımı eğrisi



Şekil 10. Şebeke gerilimi

Bu çalışmada tek faz PAGF gerçekleştirilmiştir. Girişte şebekeden kaynaklanan harmonikleri bastırmak için hat filtresi kullanılmıştır. Filtre kondansatörü üzerinde 200V bir gerilim tutularak sistem harmoniklerini bastırmak için PAGF tarafından devre beslemesine bobin üzerinden

bulanık mantık denetleyicisi ile uygulanmıştır. PAGF'deki akımın sınırlanması için L_F ye seri bir direnç bağlanmıştır. Sistem üzerinden elde edilen gerilim ve akım dalga formları PICO ADC212 ile alınmış ve harmoniklerin bastırıldığı gözlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Rahmani S., Al-Haddad K., Fnaiech F., Agarwal P., Modified PWM with indirect current control technique applied to a single-phase shunt active power filter topology, Industrial Electronics Society, IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE 2003; 2: 1044 – 1049.
- [2] Singh B., Chandra A., Al-Haddad K., An improved single phase active power filter with optimum DC capacitor. Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, Proceedings of the 1996 IEEE IECON 22nd International Conference 1996; 2: 677 – 682.
- [3] Qiao C., Smedley K.M., Maddaleno F. A., Comprehensive analysis and design of a single phase active power filter with unified constant-frequency integration control Power Electronics Specialists Conference, 2001; 3: 1619 – 1625.
- [4] Amaç A. E., Altınay M., Karabağ Y., Şebeke akım harmoniklerinin eliminasyonunda paralel aktif filtrelerinin kullanımı, International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, Tainn 2003.
- [5] Gwozdz M., Porada R., Compensate for loading effects on power lines with a DSP-controlled active shunt filter, Analog Dialogue 1999; 33:1-4.
- [6] Rahmani S., Al-Haddad K., Fnaiech F., Reduced switch number single-phase shunt active power filter using an indirect current control technique. Industrial Technology, 2003 IEEE International Conference 2003; 2: 1107 – 1112.
- [7] Atacak I., Bay, Omer Faruk, Bulanık mantık denetimli seri aktif güç filtresi kullanarak harmonik gerilimlerin bastırılması, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 2004; 19: 205-215.
- [8] Torrey, D.A.; Al-Zamel, A.M.. A single-phase active power filter for multiple nonlinear loads, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1994. APEC '94. Conference Proceedings 1994; 2: 901 – 908.
- [9] Pigor S., Three-phase active filter with sliding-mode control, Proceedings of the 7th European Conference on Power Electronics & Motion Control Conference and Exhibition, PEMC'96, 1996, pp: 363-367.
- [10] Lee W. C., Lee T. K., Hyun D. S., A three-phase parallel active power filter operating with PCC voltage compensation with consideration for an unbalanced load, IEEE Transactions On Power Electronics, September 2002.
- [11] Qiao C., Smedley K. M., Unified constant-frequency integration control of three-phase Standard bridge boost rectifier, CIEP, Acapulco, MEXICO, 2000.
- [12] Texas Instruments Technology, DSP SELECTION GUIDE, 3Q 2004.
- [13] LEM Solutions for Electrical Measurements, Datasheet, 2001, pp:8-23.
- [14] Lee C. C., Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller - Part I-II, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern, 1990, 20: 404-418.
- [15] Bay Ö. F., Deperlioğlu, Ö., Elmas, Ç., Fuzzy control of dc-dc converters based on user friendly design, International Journal of Electronics, 2003, 90: 445-458,
- [16] Elmas Ç., Bulanık mantık denetleyiciler: Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık, Seçkin Yayıncılık, 2003, Ankara