

# KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARI VE BİR ÖRNEK

Cemil ARIKAN  
Behçet SARIBATIR

## ÖZET

Bu makalede son yıllarda bilgisayarların yaygınlaşmasına koşut olarak artan kaliteli kaynak gereksinimine çözüm olan kesintisiz güç kaynaklarının genel bir değerlendirilmesi yapılacaktır. Daha sonra bu tür kaynakların belli bir başarımı sağlayabilmesi için kullanılacak tasarım yöntemleri kısaca tartışılacak ve örnek olarak ASELSAN'da üretilen EPROM tabanlı ve Darbe Genişlik Modülasyonu (FWM) yöntemini kullanan 1 KVA'lık bir kesintisiz güç kaynağı (KGK-3450) tanıtılacaktır.

## 1. GİRİŞ

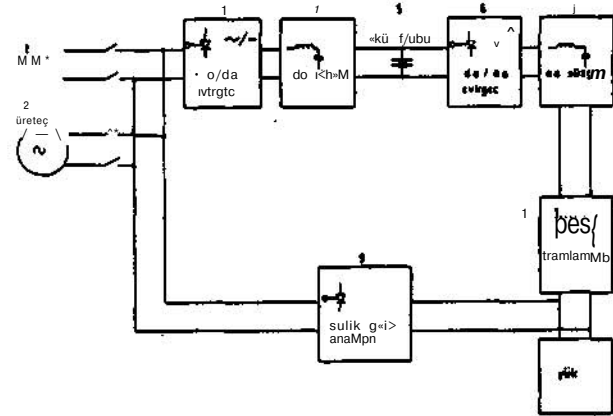
Bilindiği gibi tümleşik devre teknolojisindeki son gelişmeler düşük maliyetle üstün becerili bilgisayarlar üretmeye olanak vermiştir. Bu nedenle bilgisayarlar yavaş yavaş günlük yaşamın ayrılmaz birer parçası durumuna gelmeye başlamışlardır. Bu durum, bu cihazların beslenmesi için gerekli olan kaynaklar sorununu gündeme getirmiştir. Çünkü bu tür cihazlar kaynaktan gelen gerilim darbe ve kesintilerine karşı oldukça duyarlıdır. Böylece yalnız gerilim kesilmelerinde değil, gerilim değişimlerinde de bilgisayarların sağlıklı çalışmasını temin edecek (regülatör görevi görecektir) güvenilir kesintisiz güç kaynaklarının tasarım ve üretimine ağırlık verilmiştir.

Kuşkusuz, sözü edilen bu kaynakların uygulama alanları yalnız bilgisayarlar değildir. Elektrik kesintisine tahammülü olmayan alarm cihazları, askerlik ve güvenlikle ilgili cihazlar ve yanlış çalıştığında büyük zararlara yol açabilecek sanayi denetim cihazları kesintisiz güç kaynakları için birer uygulama alanıdır. Bunlardan başka bankalarda kullanılan ve müşteriye hizmet veren hesap makineleri ve haberleşmede büyük önemi olan telex makineleri de bu tür kaynaklarla beslenmesi gereken cihazlardır.

Bugün yabana firmalar tarafından 300 KVA güce kadar kesintisiz güç kaynakları yapılmaktadır. Her güç düzeyinde (transistor, tristör gibi) değişik yan iletken türü ve gerilim ve harmonik bozunumunun denetimi için değişik tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Ülkemizde bu tür kaynakların üretimi çok yenidir ve henüz yüksek güçlerde seri üretim yapılabildiği değildir.

## 2. KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAĞININ BİRİMLERİ

Kesintisiz bir güç kaynağı temel olarak dokuz ana birimden oluşmaktadır. Bunlar Şekil 1'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir (1).



ŞEKİL 1. Kesintisiz güç kaynağının ana birimleri.

Normal olarak yük statik geçiş anahtarları üzerinden şebekeye bağlıdır. Ancak gerilimde kesilme ya da kalitesinde bir bozulma olursa bu anahtar açılır. Bu durumda devrede daha önce tampon olarak bulunan akü grubu evirgeç için gerekli olan d.a gerilimi sağlar. Evirgeç d.c gerilimi

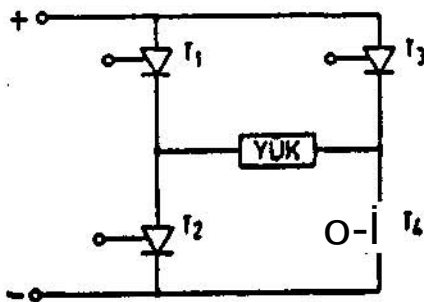
kıyarak sinüs ağırlıklı bir gerilim üretir. Bu gerilim, harmonik bozunumu süzgeç yardımıyla kabul edilebilir bir duruma getirildikten sonra, çıkışta gerekli yalıtım ve gerilim düzeyini sağlayacak olan transformatör üzerinden yüke verilir. Şekilde görülen süzgeç kesintinin uzun olduğu durumlarda devreye girerek enerji sağlamaya yarar. Yukarıda anlatılan oldukça büyük bir dizgedir. Her kesintisiz güç kaynağında tüm bu birimlerin bulunması gerekmez. Kesintilerin kısa süreli olduğu durumlarda üreticiler kullanılmaz. Şebekenin sürekli sorunlar yarattığı uygulamalarda statik geçiş anahtarı bulunmayabilir. Böylece olay şebeke gerilimini doğrultup süzerek bir da gerilim ve bunu kullanarak harmonik bozunumu az bir aa gerilim üretmek olarak iki kısma indirgenebilir.

ilk kısımda şebeke gerilimi genellikle denetimli bir çevirgeç yardımıyla doğrultulur. Denetimli (tristörlü) bir çevirgecin kullanılması nedeni devrede tampon olarak bulunan akü grubunun doldurma sırasında geriliminin değişmesidir. Çevirgecin hem akülerin dolmasını sağlayacak akımı verebilecek hem de evirgeci besleyebilecek güçte olması gerekmektedir. Bu tür bir çevirgecin doğru akım motorlarının hız denetiminde kullanılan çevirgeçten büyük ayrımı yoktur (2). Bu nedenle bu makalede üzerinde durulmayacaktır.

ikinci kısımda da gerilim evirgeç tarafından uygun bir şekilde kıyılmakta ve süzgeç yardımıyla az harmonikli bir gerilim elde edilmektedir. Bu makalede özellikle bu konu üzerinde durulacaktır.

### 3. A.A. GERİLİMİN ELDE EDİLİŞİ

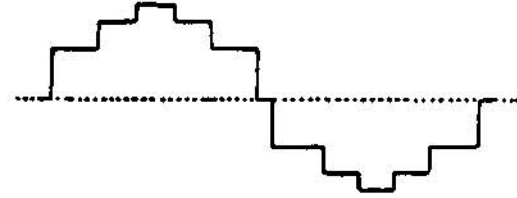
Bilindiği gibi evirgeçlerde güç elemanları belirli bir sıraya göre tetiklenerek yük üzerinde değişken bir gerilim elde edilmeye çalışılır (3). Şekil 2'de görülen köprü evirgeçte T1 ile T4 ve T2 ile T3 güç yarı-iletken ikilileri sırayla tetiklenerek bu durum sağlanır.



ŞEKİL 2. Köprü evirgeç

Çıkış gerilimindeki harmonik bozunumu azaltmak ve gerilim denetimi yapabilmek için, özel gerilim dalga şekil-

leri elde edilmeye uğraşılmaktadır. Bu tür özel dalga şekilleri Şekil 3'te görüldüğü gibi basamaklı ya da darbe genişlik modülasyonlu (PWM) olabilir. Bunlardan ilki birden fazla evirgeç gerektirdiği için genel eğilim ikincisini üretecek devreler kullanmak yönündedir.



(a) Basamaklı gerilim dalga şekili

(b) Darbe genişlik modülasyonlu (PWM) gerilim dalga şekili



ŞEKİL 3. Evirgeç çıkış dalga şekili  
a) Basamaklı b) PWM

"PWM" bir dalganın harmonik (Fourier) çözümlemesi yapıldığında hem temel bileşen hem de harmonikler için Şekil 3'te görülen tetikleme açısı ( $\alpha$ ) cinsinden bir takım eşitlikler elde edilir. Bu eşitlikleri kullanarak gerilimi ve harmoniklerini denetlemek mümkündür (4), (5).

Asenkron motor denetiminde ve kesintisiz güç kaynağı uygulamalarında yaygın olarak kullanılan darbe genişlik modülasyonu yöntemi iki uygulamada birtakım ayrımlar gösterir. Motor denetiminde, gerilimin frekansa olan oranını ( $v/f$  oranını) sabit tutabilmek için, frekans değiştiğinde temel bileşen de aynı oranda değiştirilmeye çalışılırken, makinada harmonik momentleri yaratacak akımların toplam etkin değerinin en düşük düzeyde kalması istenir (6). Bu nedenle tetikleme açısı kısıtlı bir en azlama (constrained minimization) probleminin çözümünden elde olunurlar.

Kesintisiz güç kaynaklarında ise çıkış gerilimindeki harmonik bozunumlarının en aza indirilmesi birinci derecede öneme sahiptir. Bunu gerçekleştirebilmek için çıkışta kullanılan süzgecin köşe frekansı gerilimde varolan en düşük numaralı harmonik frekansından daha düşük bir yerde seçilmelidir. Bu nedenle tetikleme açısı temel bileşenin değerini belirlemek ve birtakım alt harmonikleri sıfıra eşitlemek için kullanılır. Problem matematiksel olarak doğrusal olmayan denklem dizgesinin çözümü olarak konulabilir. Çeyrek çevrimdeki açı sayısı gerilim denetimi yapabilmek için yok, edilmek istenen harmonik sayısından bir fazla tutulmalıdır (4), (5).

Ne kadar çok sayıda tetikleme açısı kullanılırsa çıkışta bulunan aa süzgecin köşe frekansı o kadar yukarı çıkar

ve boyutları küçülür. Bu regülasyonun ve evirgecin yüksüz durumda çekeceği akımın küçük olacağı anlamına gelir. Ayrıca evirgecin sağlaması gereken reaktif güçte de azalma olur. Ancak çok sayıda tetikleme, anahtarlama kayıplarının büyük olmasına neden olacağı gibi, çözümleme sonucu ortaya çıkan çok dar darbeleri elde etmekte de güçlükler çıkabilir. Bu durum anahtarlama elemanlarını gündeme getirmektedir.

#### 4. GÜÇ DEVRESİ: ANAHTARLAMA ELEMANLARI

Son yıllara kadar en çok bilinen anahtarlama elemanı tristördür. Bu elemanın en büyük eksikliği evirgeç uygulamalarında zoraki aktarım devreleri gerektirmesi ve gürültüye karşı çok duyarlı olmasıdır. Bu nedenle anma değerleri henüz yetersiz olmakla birlikte bipolar transistörler ve FET'ler de anahtarlama elemanı olarak kullanılmaya başlanmıştır (7). Bu elemanlar anahtarlama özellikleri açısından da tristörlerden üstündür.

Bugün evirgeçlerde genellikle 4-5 KVA güçlere kadar FET'lerin 40-50 KVA güçlere kadar bipolar transistörlerin ve daha üst güçlerde tristörlerin kullanılabilceği bir aşamaya, ulaşılmıştır.

FET'lerin anahtarlama süreleri 50 nanosaniyeye kadar düşebilmekte ve özellikle da/da (switch mode) güç kaynaklarında kullanılmaktadır. Bipolar transistörler 3-5 mikrosaniye anahtarlama süreleriyle anma değerlerinin yeterli olduğu durumlarda kesintisiz güç kaynakları için çok uygun görülmektedir. Kuşkusuz üst güçlerde tristörler rakipsizdirler.

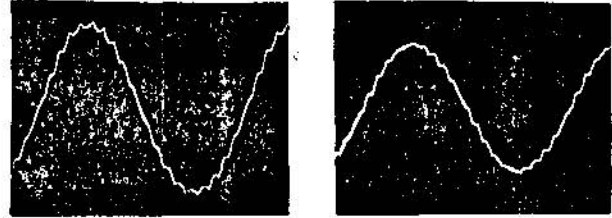
#### 5. BİR ÖRNEK: 1 KVA GÜCÜNDE BİR KGK (KGK-3450)

Bölüm 2'de sözü edilen nedenlerden ötürü bu bölümde de yalnızca evirgeç ve a.a süzgeç üzerinde durulacaktır. Gerçekleştirilen evirgeç bir köprü evirgeç olup anahtarlama elemanı olarak General Electric firmasının D66EV7 transistörleri kullanılmıştır.

Bu transistörlerin anma değerleri 500 V, 50 A ve toplam anahtarlama süreleri bu uygulamada 5 mikrosaniye kadardır. Bu anahtarlama süresinin dalga şekline etkisi olmaması için elde edilecek en dar darbenin genişliğinin bu süreden yeteri kadar büyük olması gereklidir. Bu uygulamada her çevrimde 18 darbe (9 açı) kullanılmış ve en dar aralığın 75 mikrosaniye olduğu hesaplanmıştır. Dalga Analiz cihazı ile yapılan ölçümler harmoniklerin hesaplanan ve ölçülen değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu ve anahtarlama süresinin bu durumda dalga şeklini etkilemediğini ortaya koymuştur (Şekil 4 ve Şekil 5).



ŞEKİL 4. Evirgeç çıkışı geriliminin yarı-çevrimi



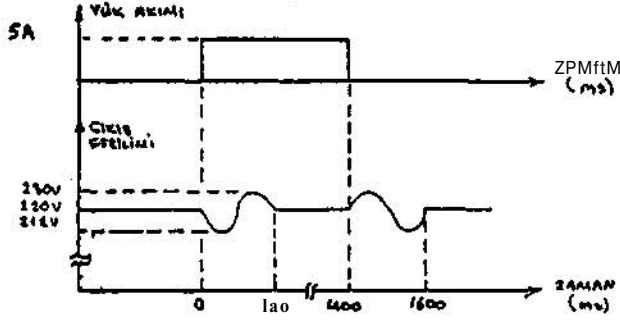
ŞEKİL 5. Kesintisiz güç kaynağı, çıkışı gerilimi dalga şekli a) Yoksuz b) Tam yükte

Uygulanan harmonik yok etme yönteminin sonucu olarak çıkış dalga geriliminin ilk görülen harmoniğinin frekansı 950 Hz'dir. Bu ve bundan sonraki harmoniklerin toplam etkin değerini her yük koşulunda (0,8 kap - 0,8 end) yüzde beşin altında tutabilmek için kullanılan süzgecin köşe frekansı 250 Hz olarak seçilmiştir. Bu durum hem elemandan tasarruf sağlamış hem de doğal salınım frekansı kullanabilecek herhangi bir bobinden çok daha düşük olan transformatör sayesinde akustik gürültülü en aza indirilmiştir.

Cihaz 43,2V ile 60V giriş gerilimleri arasında çalışabilmektedir. Bu, giriş geriliminde yüzde otuz dolaylarında değişim anlamına gelmektedir. Ayrıca yük bağlandığında süzgeç ve çıkış transformatörü üzerinde de birtakım gerilim düşümleri olacaktır. Bütün bu değişimleri karşılamak için anahtarlama açılan temel bileşen değerini 0,60 ile 1 p.u arasında binde beş aralıklarla değiştirecek şekilde hesaplanmıştır. Gerilimden alınan geri besleme değerlendirilerek hangi açı bilgisinde çalışılacağı elektronik mantık devresi tarafından kararlaştırılmaktadır.

Gerilim bilgisi sinüs dalgasının doğrultulması ve bir RC süzgeçten geçirilmesi ile elde edilmiştir. Bu süzgeçte kul-

lanılan eleman değerleri büyüdükçe kararlı durumdaki (statik) başarımlar düzelmekte buna karşın geçici koşullardaki (dinamik) başarımlar bozulmaktadır. Bu bakımdan kararlı durumdaki hatayı yüzde bir yapan süzgeç elemanları seçilmiş tüm geçici yük koşullarında bunun gerilimde en çok yüzde onluk bir hataya neden olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 6).



ŞEKİL 6. Kesintisiz güç kaynağının dinamik başarımı (Tam yak için)

Bu değerler (bugün için) kabul edilebilir sınırlarda olmakla birlikte daha hızlı bilgi alıp değerlendirebilen ve denetim elemanı olarak mikroişlemci kullanan devreler üzerinde araştırmalar sürdürülmektedir. Aşın akıma karşı koruma için akımdan da bilgi alınmaktadır. Ancak akım bilgisi kısa devreye karşı korumayı da sağlayacağı için çok hızlı değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle akım bilgisinin değerlendirildiği devrede büyük süzgeç elemanlarından kaçınılmalıdır.

Çıkış frekansı, mantık devresindeki 1 MHz'lik bir kristalin frekansı bölünerek elde edilmiş ve binde ikilik bir duyarlılığa ulaşılmıştır.

## 6. TASARIM GÜÇLÜKLERİ

Tasarım sırasında en büyük güçlük sürme devrelerinde ortaya çıkmaktadır. Güç transistörlerini sürmek için pek çok yöntem bulunmakla birlikte geliştirilen cihazda transformatörlü sürme devresi kullanılmıştır (7). Baza uygulanan gerilimin zarfı 50 Hz'dedir. Bu nedenle demir çekirdekli transformatör kullanmak gerekmiştir. Ancak bu tür bir transformatörden çok dar (örneğin burada 75 mikrosaniyelik) darbeleri geçirmek için kaçak reaktansı azaltacak özel sanm yöntemleri kullanılmıştır.

Büyük kaçak reaktansı dalga şekillerini bozmasının yanı sıra transistörün eşdeğer iç sigaları ile etkileşerek anahtarlamada birtakım salınımlara neden olmaktadır. Bu tür salınımların frekansı çok yüksek olmakta ve transistör bu durumda kolaylıkla "second breakdown" (7) bölgesine girerek yanmaktadır.

Tasarım sırasında diğer önemli bir güçlük de "snubber" devrelerinin hesabında ortaya çıkmaktadır. Çünkü burada transistörün aktif modeli ile uğraşmaktadır. Bu nedenle kuramsal çalışmaların yanı sıra kullanılması düşünülen transistör üzerinde birçok deney yaparak dinamik yapıyı anlamak ve tasarım sırasında bunu değerlendirmek gerekmektedir. Oysa ki tristörler için bu tür hesaplar, tristörün iletim ya da kesim modeli düşünülerek, kolaylıkla yapılmaktadır.

Bunlardan başka evirgeci besleme de kullanılan akülerin dinamik iç empedansının da bilinmesi gerekmektedir. Aküden çekilen akım dalga şeklinin doğrultulmuş bir sinüs dalgasına çok benzemesi nedeniyle akü çıkış gerilimi üzerinde 100 Hz frekansta bir harmonik görülmektedir. Bu da kesintisiz güç kaynağı çıkışında çift numaralı düşük harmoniklerin görülmesine neden olmaktadır. Bunu engellemek için evirgeç girişine yeterli büyüklükte d.a ağaç koymak gereklidir.

## 7. SONUÇLAR

Kesintisiz Güç Kaynaklarında anahtarlamaya elemanı olarak bu aşamada düşük güçlerde (< 40 KVA) transistörlerin ve yüksek güçlerde tristörlerin kullanılmasının en doğru seçim olacağı sonucuna varılmıştır.

Duyarlı yüklerde Kesintisiz Güç Kaynağının varlığı yanında, başarımının da en az varlığı kadar önemli olduğu, ve bu başarımın kararlı ve geçici koşullarda ayrı ayrı değerlendirilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

örnek olarak seçilen ASELSAN'da geliştirilmiş bir Kesintisiz Güç Kaynağının tüm koşullarda istenen özelliklere sahip olduğu deneylerle saptanarak sonuçları özet olarak sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

- (1) A. BRÖMS, "No-Break Power Supply", ASEA Journal, Cilt 54, Sayı 5-6, Sayfa 129-135, 19.
- (2) "Doğru Akım Motoru Denetleci", Teknik Rapor, ASELSAN, 1982.
- (3) C. ARIKAN, "Kesintisiz Güç Kaynakları Üzerine İlgili Bir Değerlendirme", Teknik Rapor, ASELSAN 1983.
- (4) H.S. PATEL, R.G. HOFT "Generalized Techniques of Harmonic Elimination and Voltage Control in Thyristor Inverters: Part I-Harmonic Elimination", IEEE Trans. on Ind. Appl., Cilt IA-9, Sayı 3, Sayfa 310-317, 19.
- (5) H.S. PATEL, R.G. HOFT "Generalized, Techniques of Harmonic Elimination and Voltage Control in Thyristor Inverters: Part-II-Voltage Control Techniques" IEEE Trans. on Ind. Appl., Cilt IA-10, Sayı 5, Sayfa 666-673, 19.
- (6) G.J.S. BUTA, G.B. INDRI, "Optimal Pulse Width Modulation for Feeding AC Motors", IEEE, Trans. on Ind. Appl., Cilt IA-13, Sayı 1, Sayfa 38,-44, 19.
- (7) C. ARIKAN, B. SARIBATTIR "Üç Transistörleri ve Güç Elektroniklerindeki Uygulamaları", Türkiye Elektrik ve Elektronik Endüstrisi Sempozyumu, İTO, Eylül 1983, İstanbul.