

# KESİNTİSİZ GÜÇ KAYNAKLARINDA ÇIKIŞ HARMONİKLERİNİN BASTIRILMASI

Numan Sabit Çetin

Celal Bayar Üniversitesi, Kırkağaç Meslek Yüksekokulu, Elektrik Bölümü Kırkağaç/Manisa  
E-mail: nctin@rocketmail.com

**Özet:** Kesintisiz güç kaynakları (K.G.K.); hayati önem taşıyan sistemler ve gerçek zamanlı veri işleme donanımları gibi kritik yüklerle güç sağlamak için fiili bir gereklilik olmaktadır.

Bu çalışmada, önce K.G.K., bunlara ait çeviriciler ve harmonik analizi incelenmiştir. MATLAB programı aracılığı ile farklı dalga şekillerinin Fourier analizleri, sentezleri ve spektrum analizleri grafiksel olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra K.G.K. çıkışındaki harmoniklerin bastırılması Darbe Genişlik Modülasyonu (D.G.M.) ele alınmıştır. Bir D.G.M.'lu sürücünün PSpice simülasyonu gerçekleştirildikten sonra bir fazlı D.G.M.'lu köprü evirici simüle edilmiştir.

Bilindiği üzere bütün harmonikler evirici devresinde yok edilemez. Bu yüzden evirici çıkışında alçak geçiren filtre kullanılır. Filtre dizaynı ile ilgili teorik bilgiler aktararak Butterworth (3. Derece) alçak geçiren filtresi realize edilmiştir. Daha sonra, bu filtre önceden simülasyonu yapılan D.G.M.'lu eviricinin çıkışına uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** K.G.K., evirici, harmonik analizi, Fourier analizi, darbe genişlik modülasyonu, toplam harmonik distorsiyonu, filtre.

## I. GİRİŞ

Bilinen enerji kaynaklarının azalmakta oluşu ve dünyanın her yerinde enerji gereksiniminin giderek artması, elektrik enerjisine olan ihtiyacı arttırmıştır. Aynı zamanda enerji üreten kaynaklarda güvenilirlik de ön plana çıkmıştır.

Elektrik enerjisinin tüketiminin % 95'ten fazla kısmını sağlayan Alternatif Akım (A.A.) şebekesinde alınan tüm güvenlik önlemleri, günümüz uygulamaları için yeterli olmamaktadır. Bundan dolayı, önemli işlemlerin kontrolünde kullanılan bilgisayarlar ve bazı tıbbi cihazlar gibi çok kritik yükler için K.G.K.'nın kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışmada, K.G.K. çıkışındaki harmonikler D.G.M.'lu sürücü ve filtre kullanılarak bastırılmıştır.

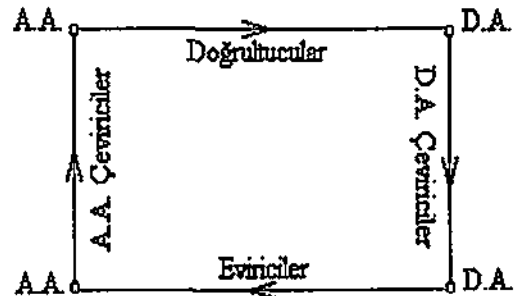
## II. K.G.K., ÇEVİRİCİLER ve HARMONİKLER

Beslediği alıcının çalışmasını kesintiye uğratmayacak şekilde sürekli elektrik enerjisi sağlayan sisteme kesintisiz güç kaynağı adı verilir. K.G.K. giriş akım harmoniklerinin yüksekliği ve giriş güç kat sayısının düşük olmasına rağmen şebekedeki parazitler (kirlenmeler) için hala en popüler çözümdür [12].

Kesintisiz Güç Kaynakları çok değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Yapısal farklılıklar göz önüne alındığında; genel olarak dinamik ve statik olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Bu çalışmada statik K.G.K. üzerinde durulacaktır. Genellikle doğrultucu, batarya şarj edici, akü grubu ve evirici devresinden oluşmaktadır. Bu tür K.G.K. genel olarak çalışma şekline göre; eviricinin sürekli devrede olduğu beklemesiz çalışma ve eviricinin sadece şebeke arıza durumunda devreye girdiği beklemeli çalışma olmak üzere iki tiptir.

K.G.K.'nda kullanılan çeviriciler genel olarak üç tiptir. Bunlar yaptıkları görevlere göre isimlendirilirler. En genel manada çeviriciler, şekil 1'de görülmektedir.

Eviriciler, bir doğru gerilim kaynağından etkin değer ve frekansı değiştirilebilen değişken gerilimler oluşturmak için kullanılır.



Şekil 1. Çeviriciler

K.G.K.'ndaki eviricide elde edilen gerilim, tam sinüs olmadığı için çıkış işaretinin Fourier serisine açılımının belirttiği frekanslarda, belirli genliklerde harmonikler meydana gelecektir (Şekil 2).

Ortaya çıkan bu harmonikler, işletilen cihazda çoğu kez istenen performansın alınabilmesini engellediği için istenmez. Uygulamalarda bu tür harmonikleri yok etmek için yüksek dereceden bir filtre kullanılması maliyet bakımından iyi bir çözüm değildir. Bu nedenle evirici devresindeki anahtarlama elemanlarının tetikleme frekanslarının ve iletim sürelerinin değiştirilmesi ile bazı harmoniklerin yok edilmesi çözümlüne gidilir. Bütün harmoniklerin evirici devresinde yok edilmesi imkansızdır. Bu yüzden çıkışta alçak geçiren filtre devresi kullanılır [8].

### III. FOURIER ANALİZ ve SENTEZLERİNİN DALGA ŞEKİLLERİNE UYGULANMASI ve SPEKTRUM ANALİZLERİ

Burada, en çok kullanılan dalga şekillerinin Fourier analiz ve sentezleri yapılmıştır. Önce, dalgaya ait Fourier serisi ifade edilmiştir, daha sonra dalga şeklinin sentezi, analizi ve spektrum analizi MATLAB programı aracılığı ile yapılmıştır [2,4,5,7,9].

#### a. Kare Dalga

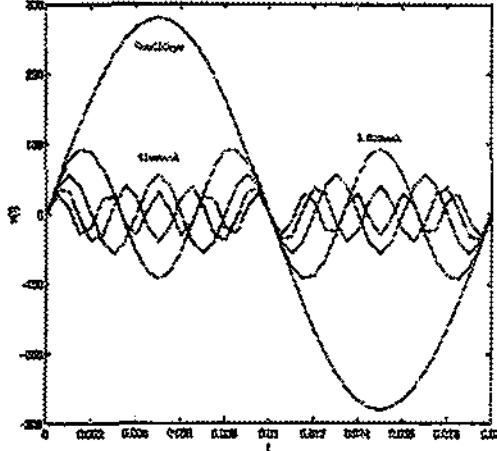
$$v(t) = \frac{4V}{\pi} \left\{ \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \dots \right\} \quad (1)$$

Dalgaya ait grafiksel sonuçlar şekil 3' de görülmektedir.

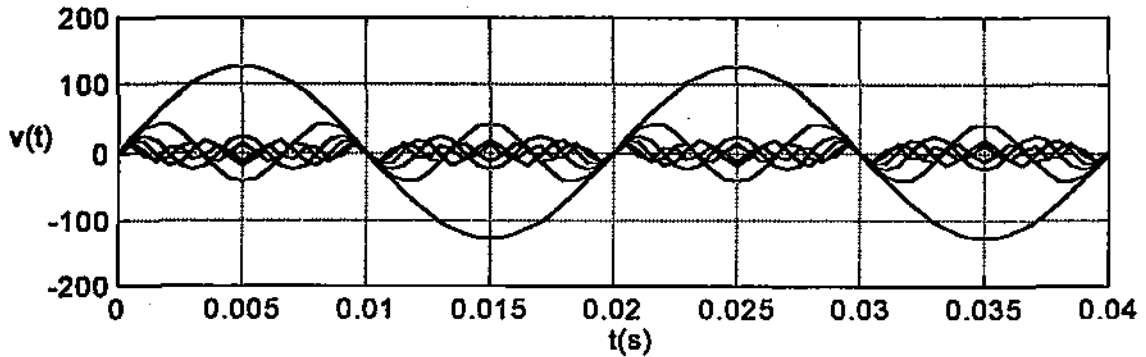
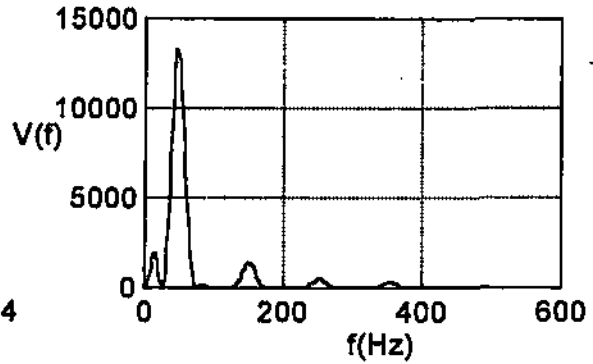
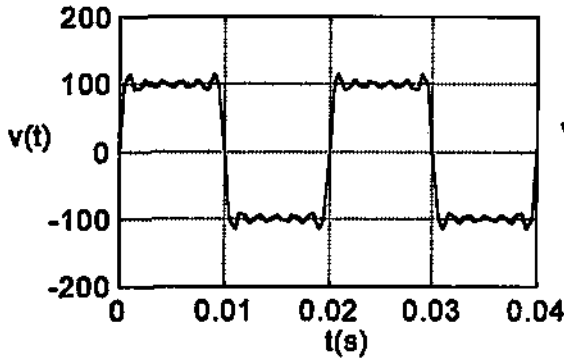
#### b. Yarım Dalga Doğrultulmuş Sinüs

$$v(t) = \frac{V}{\pi} \left\{ 1 + \frac{\pi}{2} \sin(\omega t) - \frac{2}{3} \cos(\omega t) - \dots \right\} \quad (2)$$

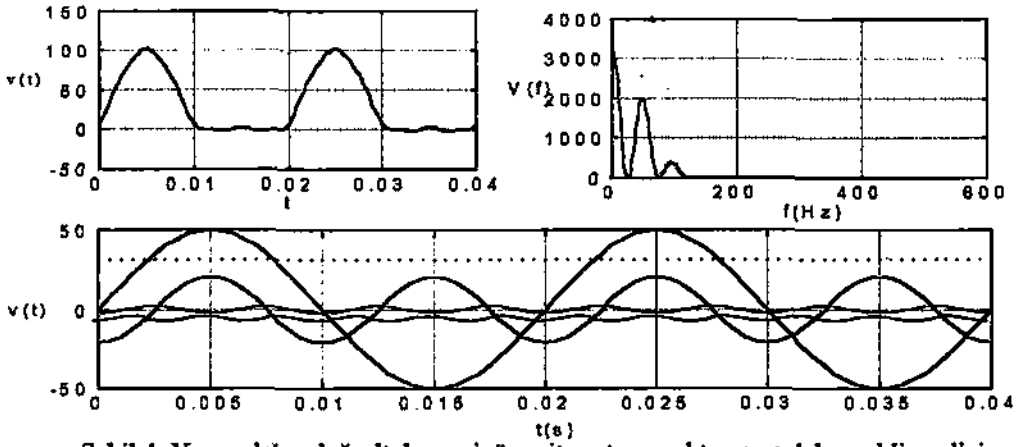
Dalgaya ait grafiksel sonuçlar şekil 4' de görülmektedir.



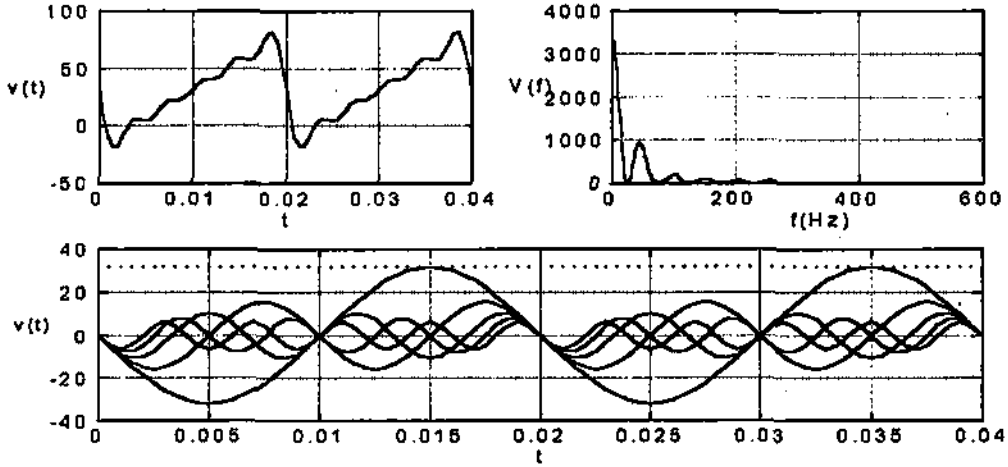
Şekil 2. Temel bileşen ve harmonikler



Şekil 3. Kare dalgaya ait sentez, spektrum ve dalga şekli analizi



Şekil 4. Yarım dalga doğrultulmuş sinüse ait sentez, spektrum ve dalga şekli analizi



Şekil 5. Testere Dişi dalgaya ait sentez, spektrum ve dalga şekli analizi

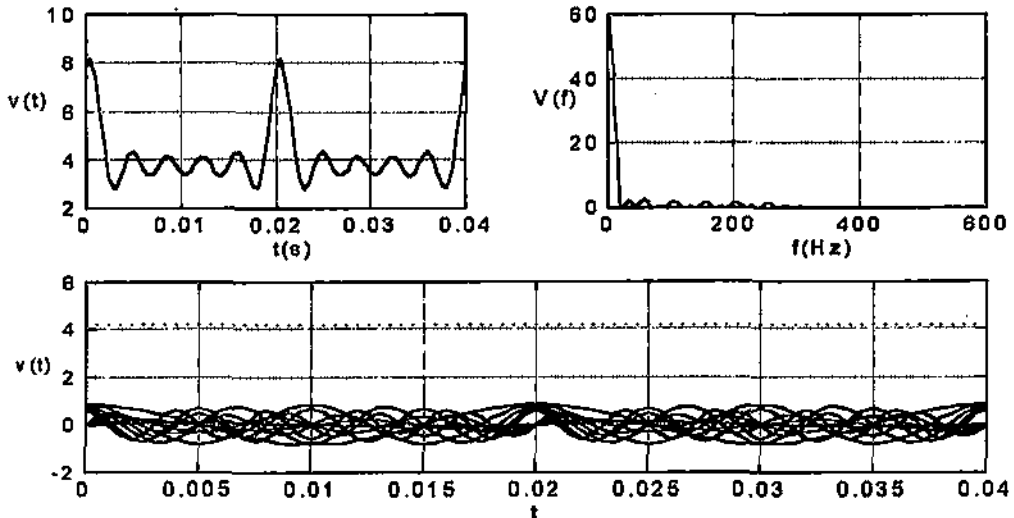
c. Testere Dişi Dalga

$$v(t) = \frac{V}{2} - \frac{V}{\pi} \left\{ \sin(\omega t) + \frac{1}{2} \sin(2\omega t) + \dots \right\} \quad (4)$$

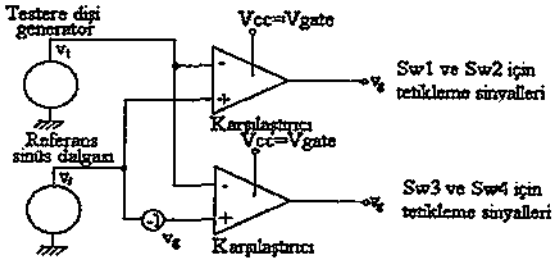
Dalgaya ait grafiksel sonuçlar şekil 5' de görülmektedir.

d. Impulse (Ani Darbe) Dalgası

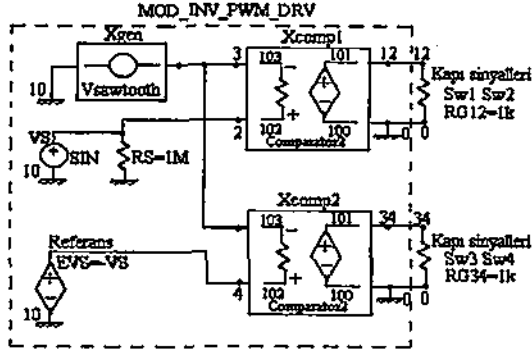
Dalgaya ait grafiksel sonuçlar şekil 6' da görülmektedir.



Şekil 6. Ani Darbe dalgaya ait sentez, spektrum ve dalga şekli analizi



Şekil 7. D.G.M.'lu sürücünün prensip şeması



Şekil 8. D.G.M.'lu sürücünün Pspice biçimlemesi

#### IV. PSPICE PROGRAMI İLE D.G.M. SÜRÜCÜ SİMÜLASYONU

Şekil 7' de D.G.M.' lu sürücünün prensip şeması görülmektedir. Bu şemanın Pspice için oluşturulan konfigürasyonu ise şekil 8' de görülmektedir. Ayrıca simülasyon için, bir fazlı köprü inverterin frekansı 50Hz' dir. Bununla beraber, evirici çıkış dalda şeklinin her bir yarım periyoduna ait kapı darbeleri 5 ve genlikleri 15v olarak seçilmiştir. Simülasyondan elde edilen çıkış sinyalleri şekil 9' da verilmiştir

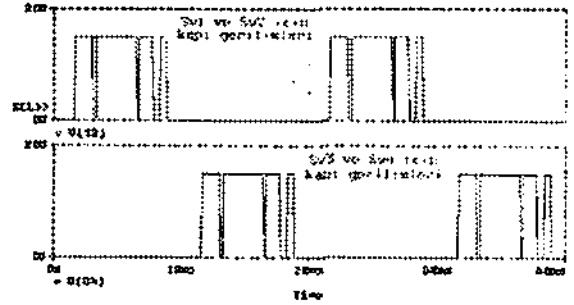
#### V. D.G.M.'LU BİR FAZLI KÖPRÜ EVİRİCİ SİMÜLASYONU

Devrenin kaynak gerilimi 110V, L1=0, R1=50hm, f=50Hz ve keyfi modülasyon ndeksi 0.833' tır. IGBT anahtarlar kullanılarak, kapı gerilimi 15V ve çıkış dalgasının her yarım periyodunda 6 darbe bulunacaktır. Bunlara göre Pspice programı için oluşturulan devre şekil 10' de görülmektedir. Simülasyon sonuçları grafiksel olarak şekil 11 ve 12'de verilmiş

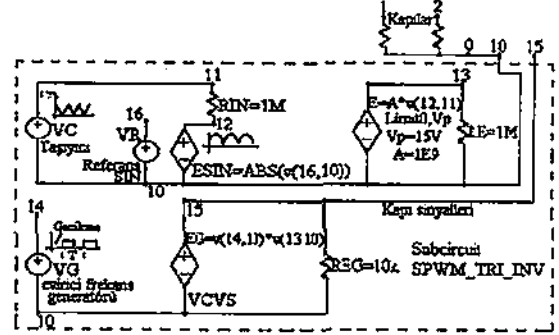
#### VI. BUTTEWORTH ALÇAK GEÇİREN FİLTRENİN D.G.M.' LU EVİRİCİYE UYGULANMASI

Üçüncü derece bir alçak geçiren fonksiyonu, Ohm' lük rezistör ile sonlanan LC devresi ile realize edilebilir [1]. Tablo 1' den elde edilen katsayılar ile üçüncü dereceden alçak geçiren Butterworth transfer fonksiyonu şu şekilde yazılabilir;

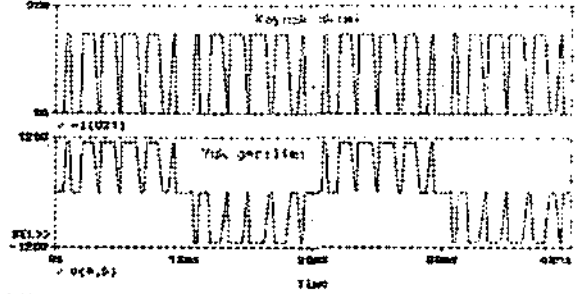
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (7)$$



Şekil 9. D.G.M.' lu sürücü sinyalleri



Şekil 10. D.G.M.'lu köprü eviricinin Pspice biçimlemesi



Şekil 11. Kaynak akımı ve yük gerilimi dalga şekilleri

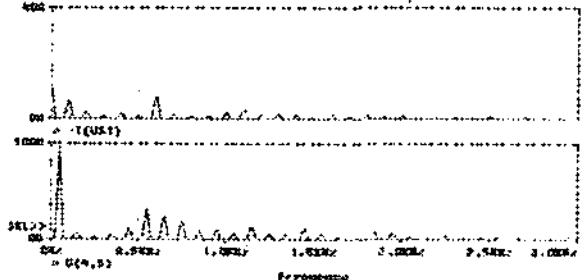
Pay ve payda, paydanın tek üslü polinomuna bölünerek;

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 1} \Rightarrow \frac{-y_{21}}{1 + y_{22}} \quad (8)$$

elde edilir. Burada;

$$y_{22} = \frac{2s^2 + 1}{s^3 + 2s} \quad (9)$$

bulunur.



Şekil 12. Kaynak akımı ve yük gerilimine ait Fourier transformları

$y_{22}$  fonksiyonunun sonsuzda kutbu olmadığına göre, Cauer 1 açılımını elde etmek için;

$$Z = \frac{1}{y_{22}} = \frac{s^3 + 2s}{2s^2 + 1} \quad (10)$$

empedans fonksiyonu ile başlamamız gerekir.

Tablo 1. Buterworth katsayıları

$$\text{Buterworth Filtre: } \prod_{i=1}^n (s^2 + a_i s + b_i)$$

n	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	b <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	b <sub>4</sub>
1	1.4142	1.0000						
2	0.7657	1.0000	1.4142	1.0000				
3	0.5176	1.0000	1.4142	1.0000	1.4142	1.0000		
4	0.3901	1.0000	1.1114	1.0000	1.6228	1.0000	1.9317	1.0000

Böylece Cauer 1 açılımı;

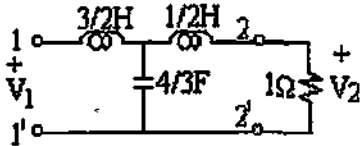
$$(s^3 + 2s^2) \div (2s^2 + 1) \Rightarrow \frac{s}{2} \Rightarrow a_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow Z_1 \quad (11)$$

$$(2s^2 + 1) \div \frac{3}{2}s \Rightarrow \frac{4}{3}s \Rightarrow a_2 = \frac{4}{3} \Rightarrow Y_1 \quad (12)$$

$$\frac{3}{2}s + 1 \Rightarrow \frac{3}{2}s \Rightarrow a_3 = \frac{3}{2} \Rightarrow Z_2 \quad (13)$$

$$R = kR', L = \frac{k_1}{k_f} L', C = \frac{1}{k_1 k_f} C' \quad (14)$$

elde edilir. Başlangıçta empedans fonksiyonu kullandığı için ilk eleman seri endüktör olacaktır. 2-2' çıkış uçlarından başlayarak elde edeceğimiz devre, şekil 13' de görülmektedir.



Şekil 13. Realize edilen filtre

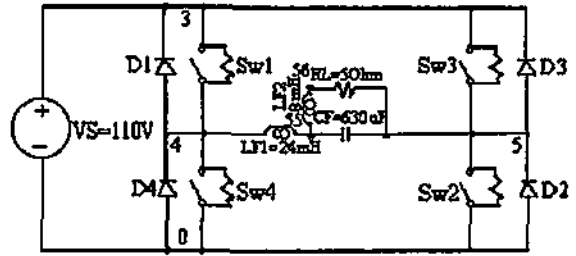
Bu devre normalize edilmiş bir devredir. Devrenin uygulanabilir olması için, gerekli empedans ve frekans ölçeklemesi yapılmalıdır.

Şekil 13'deki devre için frekans ve empedans ölçeklemesini sırasıyla yapalım.

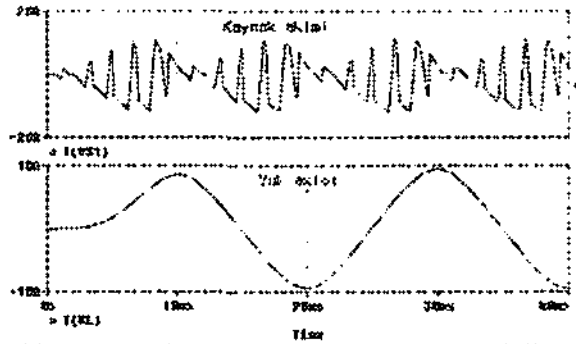
$$\omega'_c = 2\pi f'_c = 1 \Rightarrow f'_c = 50\text{Hz}, \omega_c = 314.15 \text{ rad/s} \Rightarrow \omega_c = k_f \Rightarrow f_c: \text{Kesme frekansı}$$

Gerçekleştirecek olduğumuz ölçeklemede, direnç değeri 5ohm olarak alınabilir (RL=5ohm). 14 denklemlerinden yararlanarak;  $k_i=5$ ,  $L1=0.02387\text{H} \approx 24\text{mH}$ ,  $L2=0.00795\text{H} \approx 8\text{mH}$ ,  $R=5\Omega$  ve  $C=0.0006365 \approx 630\mu\text{F}$  değerleri elde edilir.

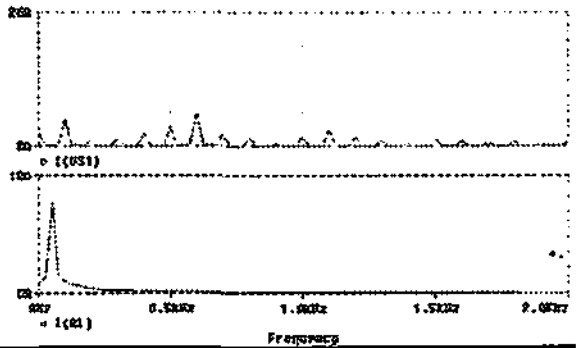
Realize edilen filtreyi D.G.M.' lu evirici çıkışına uyguladığımızda (Şekil 14) elde edilen simülasyon sonuçları aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



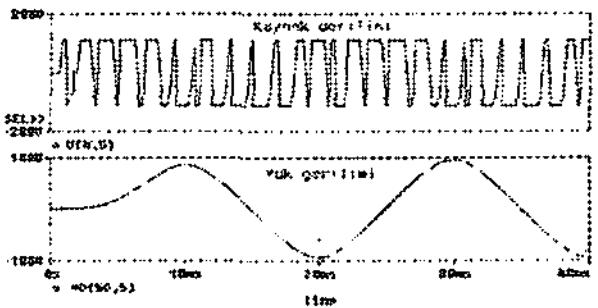
Şekil 14. Filtrelenmiş D.G.M.' lu bir fazlı köprü evirici



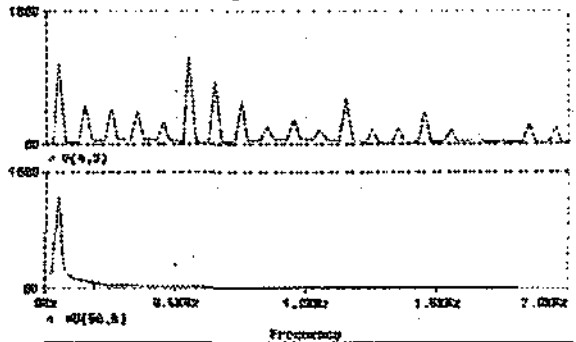
Şekil 15. Kaynak ve yük akımlarına ait dalga şekilleri



Şekil 16. Kaynak ve yük akımlarının Fourier transformları



Şekil 17. Yük ve kaynak gerilimlerine ait dalga şekilleri



Şekil 18. Yük ve kaynak gerilimlerinin Fourier transformları

## VII. DEĞERLENDİRME

K.G.K. kullanımı sırasında etkili bir şekilde işletilebilmeli ve istenilen koşulları sağlayabilmelidir. Bu çalışmada etkili kullanıma katkıda bulunmak amacıyla, genel olarak harmoniklerin bastırılması üzerinde durulmuştur.

K.G.K. çıkışındaki diğer bir deyişle evirici çıkışındaki harmoniklerin bastırılması amacıyla D.G.M.' lu bir fazlı köprü evirici simülasyonu Pspice programı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yüksek mertebeden harmonikleri yok etmek için Butterworth (3.derece) alçak geçiren filtre tasarımı yapılmış ve D.G.M.' lu bir fazlı köprü evirici çıkışına uygulanarak simülasyon sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmada K.G.K.' ndaki harmoniklerin bastırılması, uygulamaya yönelik olarak ele alınıp analizi yapılarak ilgililere takdim edilmiştir.

### KAYNAKLAR

- [1] Bayındır, N.S., 1994. Elektronik Filtre Devreleri Tasarımı. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Basım Evi, İzmir.
- [2] Bishop, R.H. and Dorf, R.C., 1995. Modern Control Systems. Addison-Wesley Publishing, USA.
- [3] Eyol, E., 1990. Statik Var Sistemleriyle Güç Kompansasyonu. İ.T.Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [4] Gray, R.M. and Goodman, J.W., 1995. Fourier Transforms. Klumer Academic Publihers, USA.
- [5] Hanselman, D. and Littlefield, B., 1995. The Students Edition of Matlab. The Math Works Inc., USA.
- [6] Kazibwe, W.E. and Sendanla, M.H., 1993. Electric Power Quality Control Techniques. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [7] Kno, B.C. and Hanselman, D.C., 1994. Matlab Tools for Control System Analysis and Design. Perntice Hall, New Jersey.
- [8] Lander, C.W., 1993. Power Electronics. McGraw-Hill Book Company, UK.
- [9] Ogata, K., 1997. Modern Control Engineering. Prentice-Hall, New Jersey.
- [10] Ramshaw, R. and Schuurman, D., 1997. Pspice Simulation of Power Electronics Circuits. Chapman-Hall, UK.
- [11] Şirin, F., 1991. Kesintisiz Güç Kaynaklarında Mikro İşlemcilerin Kullanılması. İ.T.Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [12] Wu, J.C. and Jou, H.L., 1995. A new UPS Scheme Provides Harmonic Suppression and Input Power Factor Correction. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.42, No.6, p.629-635, Taiwan.