

ENERJİ SİSTEMLERİNDEKİ HARMONİKLERİN YENİ TİP HİBRİT FİLTRE İLE YOK EDİLMESİ

Proje No: 105E104

Yrd. Doç. Dr. Selim BÖREKÇİ

NİSAN 2010
DENİZLİ

Önsöz

Lineer olmayan yükler sistemde örneğin doğrultucular asenkron motor sürücülerini kesintisiz güç kaynakları arzu edilmeyen harmonikler oluşturur. Bu harmonikler elektrik sisteminde istenmeyen durumlara neden olabilirler. Uyulması gereken bazı standartlar geliştirilmiştir IEEE 519 ve ECN 1000 gibi. Bu standartlara uymak için harmonik filtreleri kullanılır. Bu çalışmada, filtrelemeye yeni bir boyut kazandırılmıştır. Pasif ve aktif filtre yeni bir kombinasyonla entegre edilmiş olup, bu çalışma TUBTAK tarafından desteklenmiştir.

ÖZET	5
GİRİŞ	6
ELEKTRİKSEL MODEL.....	9
MATEMATİKSEL MODEL	10
TASARIM, TASARIMDA KULLANILAN MODULLER ve UYGULAMALARI	12
HARMONİKLİ YÜK AKIMI	12
T1 AKIMIN HARMONİKLİ BİLEŞENLERİ	15
T2 ve T5	17
T3	17
T4	19
EVİRİCİ.....	20
EVİRİCİ KONTROL DEVRESİ.....	22
PASİF FİLTRE	24
AKIM VE GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ	24
SONUÇ	25
REFERANSLAR.....	32

Şekil 1 Hibrit Filtre	7
Şekil 2 Akagi'nin Hibrit Filtresi	7
Şekil 3 Divan'ın Hibrit Filtresi.....	8
Şekil 4 Yeni tasarım	8
Şekil 5 Hibrit Fitrenin İdeal Akım Kaynağının Uyarlanması	9
Şekil 6 Sistemin Elektriksel Harmonik Eşdeğer Devresi.....	9
Şekil 7 Sistemin Elektriksel Temel Frekans Eşdeğer Devresi	9
Şekil 8 Sistemin Elektriksel Harmonik Eşdeğer Devresi.....	10
Şekil 9 Sistemin Elektriksel Temel Frekans Eşdeğer Devresi	10
Şekil 10 Sistemin Elektriksel Modellenmesi	11
Şekil 11 AC Kıyıcı yük devresi.....	12
Şekil 12 Lineer Olmayan Yük akımı: PSPICE (üstte) ve Mathcad (altta).....	13
Şekil 13 Yük Devresi Kontrol Şeması	14
Şekil 14 PSPICE Ortamında Yük Devresi Tasarımı	14
Şekil 15 Yük Devresi	14
Şekil 16 T1 in İç Yapısı.....	15
Şekil 17 Bant Geçiren Filtre Yapısı	15
Şekil 18 Bant Geçiren Filtre Frekans Kazanç Cevabı	15
Şekil 19 Kaskad Yapı	16
Şekil 20 T1 e Giren ve T1 den Çıkan Sinyallerin Analizi: Matlab (üstte) ve DSP (altta).....	17
Şekil 21 T2 nin Elektriksel Yapısı	17
Şekil 22 T2 nin Frekans Kazanç Cevabı.....	18
Şekil 23 Entegratör Giriş ve Çıktıları: Matlab (üstte) ve DSP (altta).....	18
Şekil 24 T4 Frekans Kazanç Cevabı.....	19
Şekil 25 Türevi Alınan Sinyal ve Türevi: Matlab (üstte) ve DSP işlemci (altta).	19
Şekil 26 Mathcad ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim	20
Şekil 27 PSPICE ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim.....	20
Şekil 28 DSP ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim	20
Şekil 29 Evirici Güç ve Sürücü Devresi.....	21
Şekil 30 Aktif Filtre Güç Devre Modeli ve Uygulamadaki Resmi	21
Şekil 31 Tasarlanan Sistem.....	21
Şekil 32 Mathcad ile Elde Edilen Tam Periyot İçin Kontrol Sinyali	22
Şekil 33 DSP Kontrol Sinyalleri 1 ms için.....	23
Şekil 34 Mathcad ile elde Edilen Kontrol Sinyali 0.9 ms için	23
Şekil 35 Evirici Çıkışı 2250 nokta için (0.9ms)	23
Şekil 36 MOSFET ler İçin Ölü Zaman: DSP Oscope Çıktısı	24
Şekil 37 Pasif Filtre ve Resmi	24
Şekil 38 LTS25NP Akım Trafosu	25
Şekil 39 LV 25-P Gerilim Transformatörü (solda) ve Bindirme Devresi (sağda)	25
Şekil 40 DC Ofset İçeren Yük Akım (üstte) ve Yüksek Geçiren Fitre İle Yok Edilmiş Hali (altta).....	27
Şekil 41 Akımın Harmonikli Bileşeni	27
Şekil 42 Entegratörden Çıkan Sinyal	28
Şekil 43 Eviricinin Üreteceği Gerilim	28
Şekil 44 İntegratör Çıkışı (üstte) ve Dc Offset Bileşeni (altta)	29
Şekil 45 İntegratör Çıkışı (üstte) ve Dc Offset Bileşenden Çıkarılmış Durumu (altta)	29
Şekil 46 Eviricinin Üreteceği Gerilim	30
Şekil 47 Eviricinin Üreteceği Gerilim	30
Şekil 48 LEM Çıkışındaki DC Ofsetli Akım (üstte) ve Türevinin Alınmış Akım (altta).....	31
Şekil 49 Türevi Alınmış (üstte) ve Entegrali Alınmış Akımın (altta)	31
Şekil 50 Harmonikli Akım (üstte) ve Modife Edilmiş Hali (altta).....	32
Şekil 51 Modife Edilmiş Akım (üstte) ve Entegratör Çıkışı (altta)	32

ÖZET

Lineer olmayan yükler sistemde arzu edilmeyen harmonikler oluşturur. Bu harmonikler elektrik sisteminde istenmeyen durumlara neden olabilirler [1]. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için bazı standartlar geliştirilmiştir IEEE 519 ve ECN 1000 gibi. Bu standartlara uymak için harmonik filtreleri kullanılır. Bunlar genel olarak aktif, pasif ve hibrit filtrelerdir. Aktif filtrelerin pahalı oluşu ve karmaşık yapısı nedeniyle az kullanılmaktadır. Aktif filtrenin tam tersine, pasif filtreler ucuz ama performansı düşüktür. Ucuzluğu nedeniyle yaygın kullanılmaktadır. Bunların beraber kullanımıyla oluşan filtrelere hibrit filtreler adı verilir. Hibrit filtreme ile pasif filtrenin ucuzluğundan ve aktif filtrenin iyi performansından yararlanır.

Hibrit filtreler ilk tasarlanmaya başladığı yıllarda, aktif ve pasif filtreler beraber ama ayrı olarak kullanılmakta idi [2 3]. Sonraki çalışmalarda bu iki filtre fiziksel olarak da bütünleştirildi. Akagi bu tip ilk hibrit filtreler tasarımcılarından biridir [4]. Daha sonraki çalışmalarda bu tasarımın performansının geliştirilmesine ve çeşitli uygulamalarına yer verilmiştir [5 6 7 8 9]. Aynı zamanda Divan da hibrit filtrelemeye yeni boyut kazandırmıştır. Divan çalışmalarında, aktif filtrenin boyutunu küçülterek, tasarımın avantajını göstermiştir [10 11 12 13]. Tasarımlarında birden fazla aktif ve pasif filtre kullanmıştır

Bu çalışmamızda, hibrit filtrelemeye yeni bir boyut kazandırılmıştır. Pasif ve aktif filtre yeni bir kombinasyonla entegre edilmiştir Pasif filtre 5. harmoniğe ayarlanmıştır ki bu sistemde en yaygın olarak rastlanan harmoniktir. Pasif filtre 5. harmoniğin büyük bir kısmını ve diğer harmoniklerin az bir kısmını filtre ederken, aktif filtre geriye kalan harmonikleri filtre eder. Bunun neticesinde, küçük güçte bir aktif filtre ve ucuz bir 5. harmoniğe ayarlı pasif filtre kullanarak, istemi harmoniklerden temizlemiş oluruz.

Anahtar kelime: hibrit filtreleme, harmonik yok edilmesi, harmonikler, aktif filtre

Non-linear loads in electrical system generate undesired harmonics. These harmonics create many problems [1]. To overcome these problems, standards are developed such as IEEE 519 and ECN 1000. To meet the standard, harmonics can be filtered passive, active and hybrid filters. Due to cost and complicity, active filters have not been used widely. Inspire of poor filtering quality, passive filter have been used commonly. The new generation of power filters which are called hybrid filter becomes popular. Using both filters together results in cheaper and good quality filtering.

Initially active and passive filters were used in the electrical system together [3 4]. Later studies combined active and passive filter physically and called hybrid fitters. One of the earliest hybrid filter studies done by Akagi [5]. In the later studies, the application and development of this type of hybrid filters have been investigated [6 7 8 9]. Another contribution has been done in the hybrid filtering field by Divan. The main advantage of his studies is lowering the size of the active filter [10 11 12 13].

In this study, a novel approach is presented to eliminate the undesired harmonic. A passive harmonic filter combined with an active filter in a new arrangement. A passive filter filters most of 5th harmonics whose level higher than others in many cases. The active filter filters the remaining of the 5th harmonics and other higher order harmonics. As a result, undesired harmonics will be mitigated with a smaller size active filter.

Key words: hybrid filter, harmonic compensation, harmonics, active filter

GİRİŞ

İdeal bir elektrik sisteminde temel frekans olarak tanımlanan 50 Hz de enerji üretimi, iletimi ve tüketimi gerçekleşir. Halbuki uygulamada temel frekansın katları da enerji sistemine görülmektedir. Bu frekanslar literatürde, harmonik olarak adlandırılır. Elektrik enerji sistemindeki lineer olmayan yükler örneğin demir çelik üreten tesislerde kullanılan ark fırınları, boşta çalışan transformatörler, güncel olarak kullanılan AC motor sürücüleri, eviriciler, AC-DC doğrultucular ve elektronik flüoresan lamba devreleri istenmeyen harmonikler üretip enerji sistemini kirletmektedirler. Bu harmoniklerin negatif etkileri aşağıda sıralanmıştır [1]

- 1) kompanzasyon kondansatörleri aşırı yüklenir
- 2) hassas elektronik cihazların yanlış çalışmasına sebep olabilir
- 3) harmonikler asenkron ve senkron makinelerde kayıplara neden olur
- 4) sistem empedansı ve kompanzasyon kondansatörleri arasında rezonans olaylarının sebebi olabilmektedir
- 5) yukarıda bahsedilen rezonans olayları yüksek voltajlara neden olur ve sistemdeki cihazların yalıtım seviyesini aşabilir.
- 6) harmonikler haberleşme üzerinde istenmeyen parazitler oluşturabilir
- 7) harmoniklerden dolayı, dalga seklindeki değişiklikler sayaçların hatalı okumasına sebep olabilmektedir.
- 8) koruma sistemlerinde kullanılan rölelerin hatalı açmasına sebep olabilir
- 9) generatör ve motor kontrol devrelerinde, yanlış operasyona neden olabilir

Lineer olmayan yükün çektiği akım, temel frekanstaki sinüs dalgasından ne kadar uzaksa harmoniklerin yoğunluğu bir başka deyişle yükün meydana getirdiği THD (total harmonik distortion : toplam harmonik bozulması) seviyesi o kadar büyüktür. Genel olarak kabul edilmiş THD tanımlaması aşağıdaki gibidir.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N (I_{rms_n})^2}}{(I_{rms_1})}$$

I_{rms_1} yük akımının temel 50 hz lik bileşeninin etkin değeri

I_{rms_n} yük akımının n. harmonik bileşeninin etkin değeri

n bir tam sayıdır ve birden farklıdır

N hesaba dahil edilecek harmonik sayısı

Yukarıda anlatılan harmoniklerin etkilerini sınırlamak için standartlar geliştirilmiştir. Örneğin IEEE 519 standardı, yükün maksimum çektiği akıma ve kısa devre akımına bağlı olarak yükün sahip olabileceği harmoniklerinin limitini vermiştir.

Tasarımın maliyeti, uygulamadaki zorlukları veya dikkatsiz tasarımlar nedeniyle harmonikler istenen seviyede olmayabilir. Bu durumda yüklerle beraber filtreler kullanılır. Güç filtreleri, elektriksel olarak üç grup altında incelenebilir.

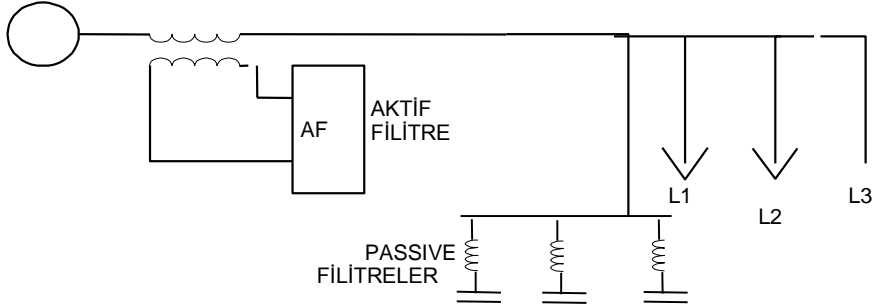
- 1) pasif
- 2) aktif ve
- 3) hibrit.

Pasif filtreler yaygın olarak kullanılmaktadır ucuz olması bir avantaj olup, düşük performansa sahiptir. Her bir istenmeyen harmonik için genel olarak bir filtre tasarımı yapılır. Kullanılan analog elemanların toleransı ve çevre koşulları pasif filtrenin performansını etkiler.

Aktif filtreler ise pasif filtrelerin tersine pahalı ve karmaşık tasarım gerektirir ama performansı pasif filtreye göre daha iyidir. Maliyeti ve karmaşık tasarımı nedeniyle fazla yaygın kullanılmamaktadır. Aktif filtre ile birden fazla harmoniğin filtre edilmesinde kullanılabilir, buda aktif filtrenin en büyük avantajlarındandır.

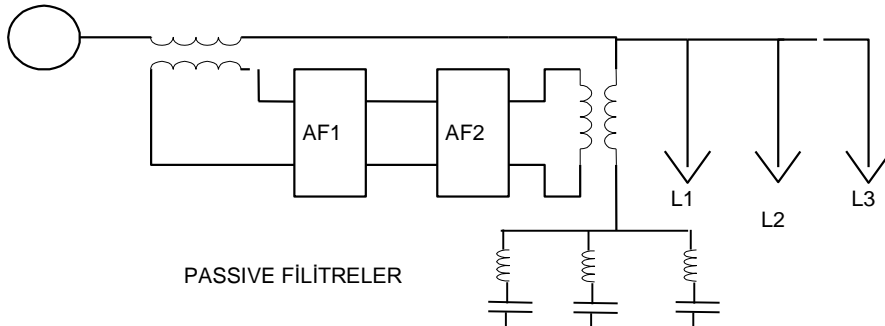
Üçüncü sınıf ise hibrit filtredir. Aktif ve pasif filtrenin birleşmesinden oluşmaktadır. Bu birleşim neticesinde filtreme olayı optimum şekilde yapılmaktadır. Güç filtre tasarımcıları bu yönde çalışmalara yoğunluk vermektedir. Filtre edilecek harmoniklerin bir kısmı pasif filtre tarafından yapılırken, geriye kalan kısmı ise aktif filtre ile yapılır. Böylece küçük boyutta "daha ucuz" bir aktif filtre ile pasif filtre hibritleşmesi sonucu sistemdeki harmoniklerin seviyesi azaltılır. Bu yönde çalışmalar halen devam etmekte olup aşağıdaki noktaya kadar gelinmiştir.

Pasif filtreler istenen performansı sağlamadığı için aktif filtreler ile beraber seri ya da paralel kombinasyonları neticesinde çeşitli tasarımlar yapılmıştır. Aktif filtrelerin elektrik sisteminde genel itibarıyla nasıl kullanıldığı ve bunların performansları 1970 li yıllara dayanmaktadır [2]. Hifofumi Akagi ilk hibrit filtre çalışmalarında sisteme seri aktif filtreyi pasif filtreyi beraber kullanarak toplam filtreleme performansını artırmıştır [3 4]. Hibrit filtrenin tek hat elektriksel devresi Şekil 1 de verilmiştir. Pasif ve aktif filtre fiziksel olarak bağlı olmamakla birlikte, sistemdeki harmonikleri azaltmaktadır.



Şekil 1 Hibrit Filtre

Bu çalışmaların akabinde iki aktif filtreyi pasif filtreler ile birleştirerek yeni tip filtre tasarlamıştır [5]. Şekil 2 de gösterilmiştir. Akaginin temel teşkil eden bu çalışmasında, yük olarak 20 KVA lık 5., 11. ve 13. harmonik üreten L3 ve L2 yükleri ile harmoniklere hassas bir L1 yükü bağlıdır. Pasif filtre olarak, 8 KVA lık 11., 13. ve yüksek frekansa ayarlanmış filtre mevcuttur. Bunun yanında, seri şekilde bağlı 0.5 KVA lık aktif filtre (AF1) ile sisteme paralel olan pasif filtre ile seri bağlı 0.5KVA lık aktif filtre (AF2) mevcuttur. Böylece aktif filtrenin gücü yüke oranla %5 ler mertebesine kadar indirilmiştir.

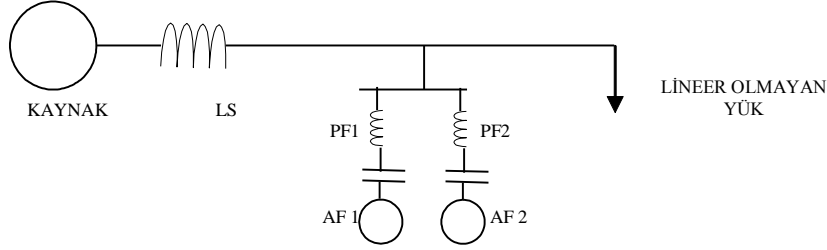


Şekil 2 Akagi'nin Hibrit Filtresi

Bu tasarımda AF1 sistemle yük arasında bir harmonik bloğu oluşturarak sistemden yüke ve yükten de sisteme harmonik akışını engellemektedir. AF2 ise pasif filtre ile birlikte

harmonikleri kısa devre yaparak L1 yüküne harmonik akışını minimuma indirmektedir. Bu tip filtrenin uygulamaları ve analizi yapılmıştır [6 7 8 9].

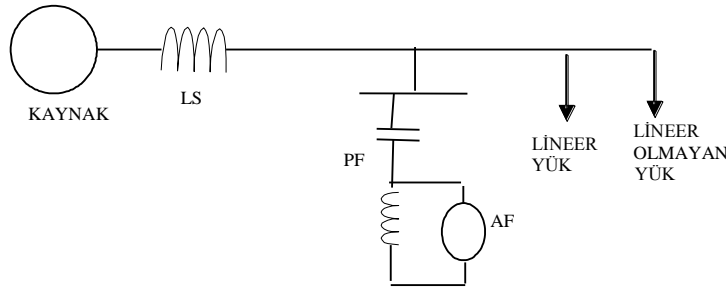
Akagi'nin çalışmalarına paralel olarak, Deepak M. Divan da yeni hibrit filtre tasarımı yapmıştır. Divan çalışmalarında 5. ve 7. harmonik için pasif filtre ve her bir pasif filtre için ayrı bir aktif filtre kullanmıştır. Tasarım Şekil 3 de gösterilmiştir. Aktif filtreleri pasif filtreye Akagi de olduğu gibi seri bağlamıştır [10 11]. Bu tasarımı daha pratik ve basitleştirmek için aktif filtreyi, karesel 5. ve 7. harmoniği üretecek evirici olarak tasarlamış böylece aktif filterlerin gücünü optimize etmiştir [12 13 14]. Tasarım lineer olmayan yük, iki hibrit filtre modülünün paralel bağlanmasıyla tamamlamıştır.



Şekil 3 Divan'ın Hibrit Filtresi

Bu tasarımın temel avantajları aktif filtre basit 5. ve 7. harmoniği üreten basit karesel voltaj üreten eviricidir ve bu evirici hızlı anahtarlama frekansına gerektirmez. Aktif filtre yükün sadece %1.5 u kadardır. 11., 13. ve daha yüksek harmonikler içinde ek modüllerin gerekli olması ve her bir pasif filtre için ayrı bir aktif filtre kullanılması bu tasarımın zayıf noktasındadır.

Bu projede sunduğumuz ve Şekil 4 de gösterilen tasarımda ise Akagi ve Divanin tasarlamış olduğu hibrit filtrelerine yeni bir boyut kazandırarak, enerji sistemindeki yüklerin meydana getirdiği harmoniklerin minimize edilmesidir. Yeni tasarımda bir pasif ve bir de aktif filtre kullanılmıştır. Aktif filtre bobine paralel bağlanmıştır.

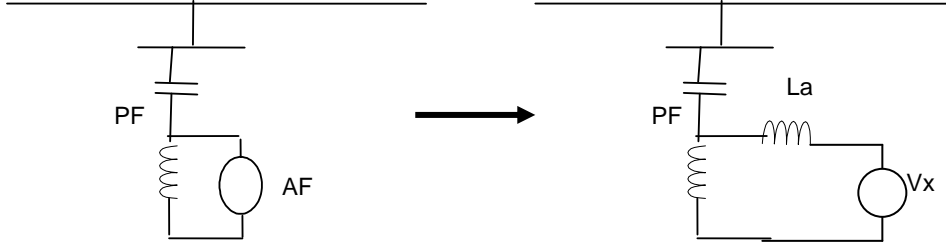


Şekil 4 Yeni tasarım

Yeni tasarımın, uygulanabilirliği, karmaşık kontrol yapıya sahip olamaması, elektrik enerji sistemindeki hali hazırda kullanılan filtrelerle entegre edilebilmesi, ve sadece bir aktif ve bir pasif devre ile filtrelemeyi yapması bu tasarımın cazibesini ortaya çıkarmıştır. Bu tasarımla sistemdeki harmonikler minimize edilerek, standartlarda belirtilen seviyede tutulabilir. Burada sunulan tasarımda 2KVA lık 220 Volt 50 Hz lik sistemden, toplam harmonik bozulması (THD) %35 lere varan harmonikli akımın filtre edilmesi planlanmaktadır.

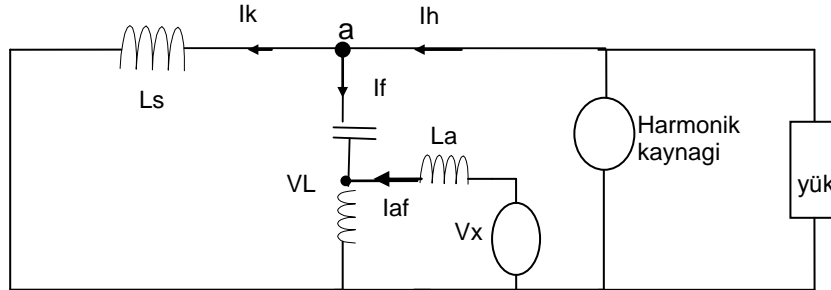
ELEKTRİKSEL MODEL

Hibrit filtredeki elemanların tasarımı ve matematiksel denklemlerin oluşturulması için elektriksel eşdeğer devresine ihtiyaç vardır. Şekil 4 deki sistem analiz edildiğinde ilk olarak modellenmesi gereken aktif eleman olarak ideal akım kaynağıdır. Bu ideal akım kaynağı (AF).. Uygulamada ideal akım kaynağı olmadığından, fiziksel olarak bu yapı, Şekil 5 deki akım kontrollü gerilim kaynağı olarak tasarlanmıştır.

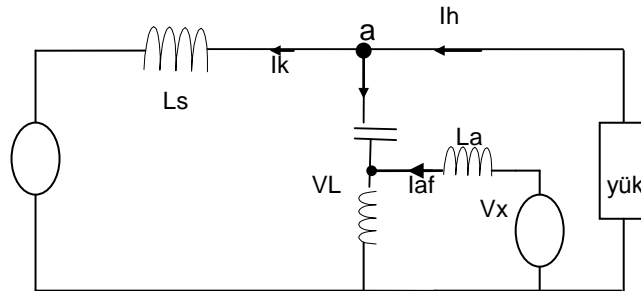


Şekil 5 Hibrit Fitrenin İdeal Akım Kaynağının Uyarlanması

Şekil 5 deki V_x in nasıl ve hangi algoritma ile gerilim üreteceği tasarımın can alıcı noktasıdır. Devre temel frekans ve diğer frekanslar olarak ikiye ayrılabilir. V_x kaynağının genliği ve kontrolü bu iki devrenin analizi dâhilinde belirlenecektir. Şekil 6 ve Şekil 7 de sistemin temel ve harmonik frekanslarındaki modelleri gösterilmektedir.



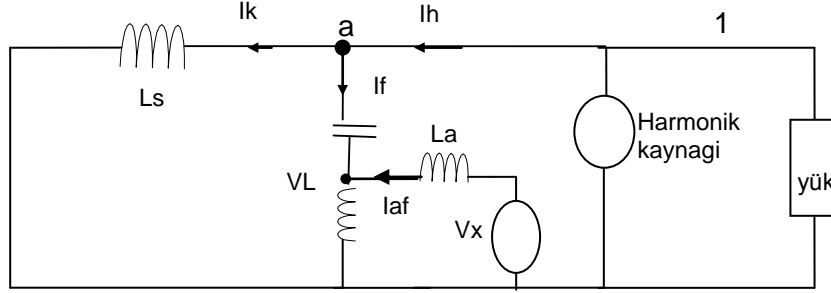
Şekil 6 Sistemin Elektriksel Harmonik Eşdeğer Devresi



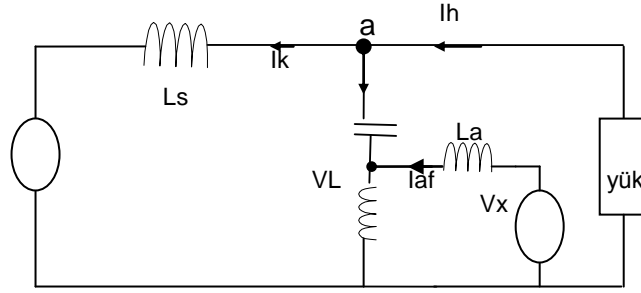
Şekil 7 Sistemin Elektriksel Temel Frekans Eşdeğer Devresi

MATEMATİKSEL MODEL

Elektriksel modelden yola çıkarak, V_x , hibrit filtre güç kaynağının üreteceği gerilimin değeri bilinmesi gerekmektedir. Devre, temel frekans ve diğer frekanslar olarak ikiye ayrılmıştır. Şekil 8 ve Şekil 9 de sistemin temel ve harmonik frekanslarındaki modelleri gösterilmektedir.



Şekil 8 Sistemin Elektriksel Harmonik Eşdeğer Devresi



Şekil 9 Sistemin Elektriksel Temel Frekans Eşdeğer Devresi

Akım kontrollü gerilim kaynağının üreteceği gerilimi aşağıdaki 1 numaralı denklemden elde edebiliriz.

$$V_x(t) - V_L(t) = L_a \frac{dI_{af}(t)}{dt} \quad 1$$

Yukarıdaki denklemi iki temel devre için yazdığımızda V_x , kaynağının üreteceği gerilim denklem 2 de verilmiştir.

$$\frac{-1}{C_f} \int I_h(t) dt + \frac{-L_a}{L_f \cdot C_f} \cdot \int I_h(t) dt - L_a \cdot \frac{d}{dt} I_h(t) + \frac{V_s(t)}{\frac{-1}{w \cdot C_f} + w \cdot L_f} \cdot w \cdot L_f \quad 2$$

Denklem 2 ise dört kısma ayrılırsa aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$\frac{-1}{C_f} \cdot \int I_h(t) dt \quad 3$$

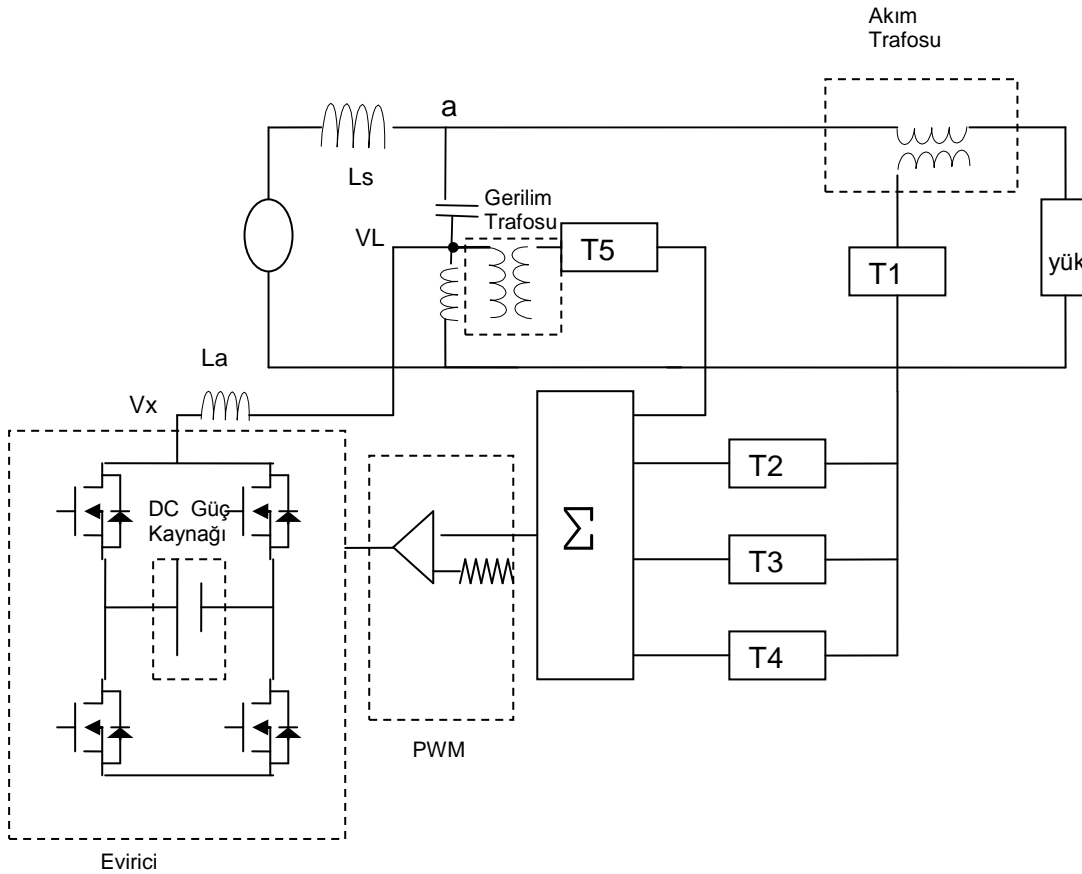
$$\frac{-L_a}{L_f \cdot C_f} \cdot \int I_h(t) dt \quad 4$$

$$-L_a \cdot \frac{d}{dt} I_h(t) \quad 5$$

$$\frac{V_s(t)}{\frac{-1}{w \cdot C_f} + w \cdot L_f} \quad 6$$

Denklem 3, 4, ve 5 e baktığımızda kontrol parametreleri olarak harmonik akımı $I_h(t)$ yi görmekteyiz. Denklem 6 da ise, temel frekansta pasif filtre bobinin üzerine düşen gerilimi vermektedir. Bu denklemleri dikkate alarak eşdeğer devreyi tekrar çizdiğimizde,

Şekil 10 da gösterilen devre elde edilir.



Şekil 10 Sistemin Elektriksel Modellenmesi

Şekilde gösterilen T1, T2, T3, T4 ve T5 sırasıyla harmonikli akımın harmonikli bileşenlerini verecek, denklem 3, denklem 4, denklem 5 ve denklem 6 i oluşturacak devrelerdir. T2, T3 ve

T4 ün toplanması neticesinde elde edilen gerilim, hibrit filtrenin gerilim kaynağının üreteceği gerilimi belirlemektedir (V_x).

Konu bütünlüğünün sağlanması amacı ile T1, T2, T3, T4, T5, dc güç kaynağı, lineer olmayan yük, evirici, PWM sinyali, akım ve gerilim transformatörleri ile ilgili bölümde detaylı bir şekilde incelenecektir.

TASARIM, TASARIMDA KULLANILAN MODULLER ve UYGULAMALARI

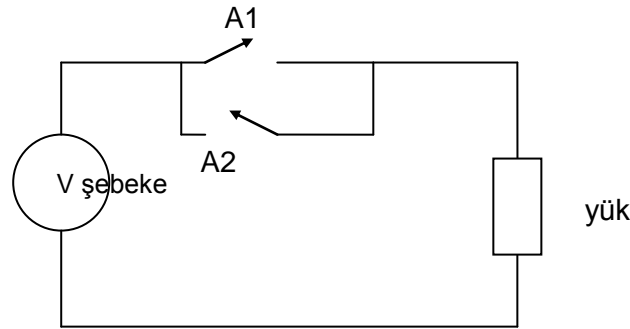
Sistem gücü 2KVA, gerilimi 220 Volt, şebeke frekansı 50 Hz dir. Lineer olmayan yük olarak sistemden THD %35 lere varan harmonikli akımın çekilmektedir. Bu akımın filtre edilmesi planlanmaktadır. Pasif filtre 5.harmoniğe uyarlanmış olup L_f ve C_f değerleri sırası ile 6.95mH ve 66.66 μ f dir. Anahtarlama frekansı ise 10kHz dir. Bu çalışmada, ilk prototip olarak 600 Watt lık bir yük kullanılmış olup, yük akımını aynı şekilde %35 lere varan THD ye sahiptir.

Tasarlanan sistemin elektriksel, matematiksel ve uygulama sonuçları birbirini desteklemesi gerekmektedir. Bundan dolayı tasarlanan sistemin kontrolü açısından harmonikli yük akımı, filtrelenmiş akım, aktif kaynağın üreteceği gerilim ve MOSFET leri tetikleyen kontrol sinyallerinin karşılaştırılması gelecek bölümde yapılmıştır.

HARMONİKLİ YÜK AKIMI

Tasarımını test edebilmek için gerekli harmonikli akım laboratuvar ortamında kontrollü bir şekilde AC kıyıcı devresi ile üretilmiştir. AC kıyıcı yardımı ile harmonikleri önceden hesaplanabilen lineer olmayan yük tasarlanmıştır.

Yük olarak 600 Watt ı sağlayan ısıtıcı kullanılmıştır. **Şekil 11** de, A1 ve A2 anahtarları kontrol ünitesi ile tetiklenmektedir. A1 anahtarı ilk yarım periyotta, 3,13ms kapalı (on) 0,47m açık (off) ve daha sonra 2,82ms kapalı ve yine 0,47ms açık ve 3,13ms kapalıdır. Diğer yarım periyot da ise açık (off) konumundadır. A2 anahtarı bunun yarım periyot faz farklı halidir.



Şekil 11 AC Kıyıcı yük devresi

Yük akımının harmonik bileşenleri aşağıda verilmiştir. Bu değerler mathcad programında elde edilmiş olup akımın toplam harmonik bozulması % 33.461 dir.

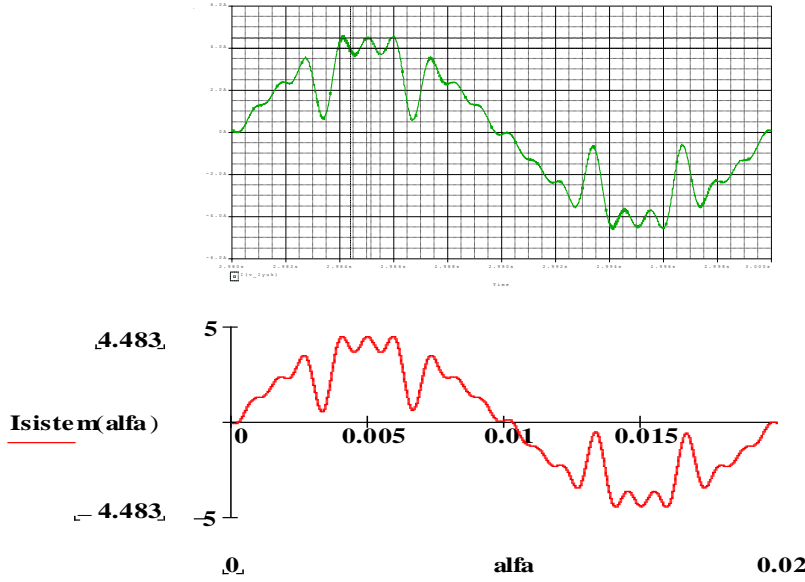
	0
0	0
1	3.536
2	0
3	0
4	0
5	0.518
6	0
7	0.561
8	0
9	0
10	0
11	0.456
12	0
13	0.521
14	0
15	0
16	0
17	0.369
18	0
19	0.448
20	
21	

I =

$$\text{THD} := \left[\frac{\sum_{h=2}^{19} (I_h)^2}{(I_1)^2} \right]^{0.5} \cdot 100$$

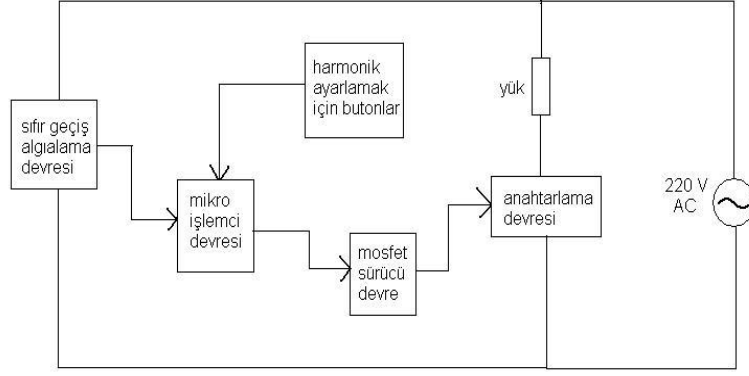
$$\text{THD} = 33.461$$

Bu değerler Matcad ve PSPICE da analiz edildiğinde aşağıda Şekil 12 deki akım şekilleri elde edilmiştir.

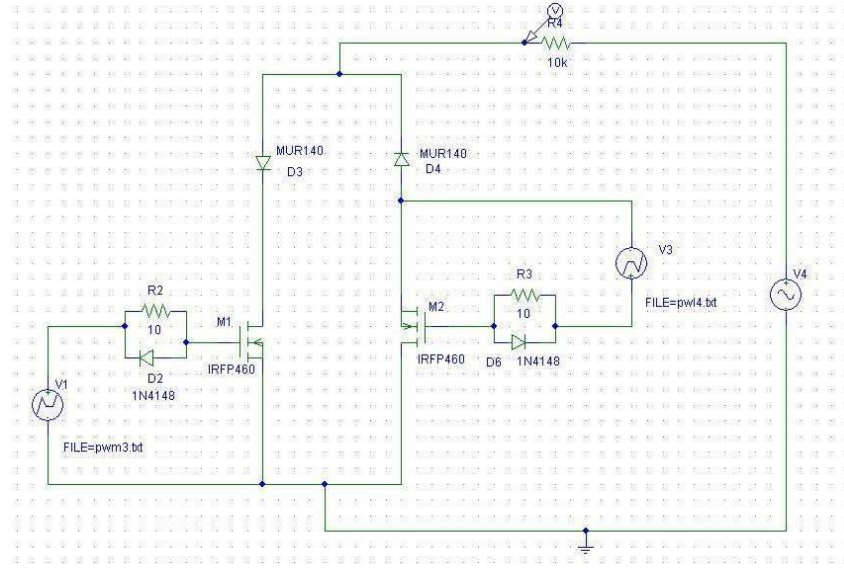


Şekil 12 Lineer Olmayan Yük akımı: PSPICE (üstte) ve Mathcad (altta)

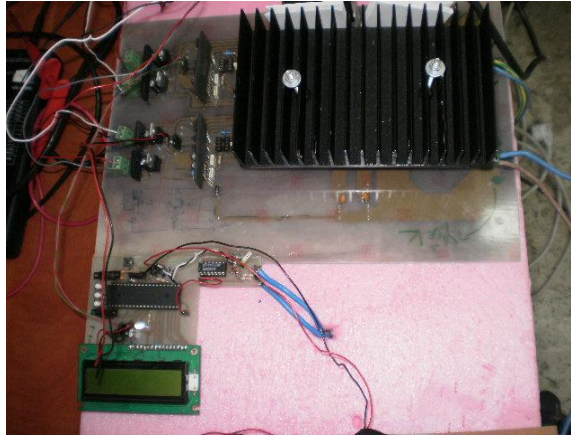
Yük akımını sağlayacak devrede 16F877 işlemci kullanılmıştır. Şekil 13 de gösterilen kontrol devresinde, sıfır geçiş yakalama devresi ile şebeke geriliminin sıfır noktası yakalamaktadır. AC kıyıcıdaki yarı iletkenleri tetiklemek için zaman süreleri 16F877 e girilmiş ve bu süreler neticesinde yukarıda verilen harmonikli akım elde edilmiştir. PSPICE devre şeması ise Şekil 14 de gösterilmiş olup devrenin fiziksel fotoğrafı Şekil 15 te dir.



Şekil 13 Yük Devresi Kontrol Şeması



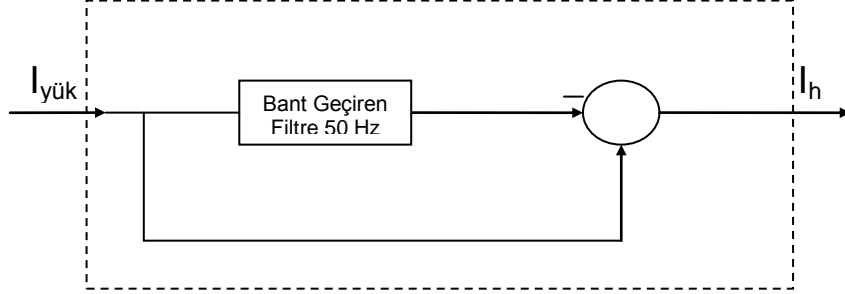
Şekil 14 PSPICE Ortamında Yük Devresi Tasarımı



Şekil 15 Yük Devresi

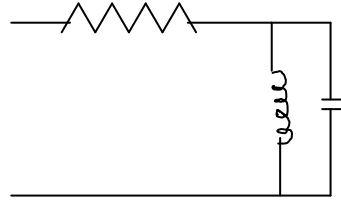
T1 AKIMIN HARMONİKLİ BİLEŞENLERİ

LTS25 NP den alınan akım bilgisinin harmonikli kısmı denklem 3,4 ve 5 de kullanılmıştır. T1 in yapısı Şekil 16 de gösterilmiştir. Bant geçiren filtre ile yük akımının 50 Hz bileşeni geçmiş, diğerleri geçememiştir. Bu bileşen daha sonra yük akımından çıkartığımızda, yük akımının sadece harmonikleri (I_h) elde edilmiştir.

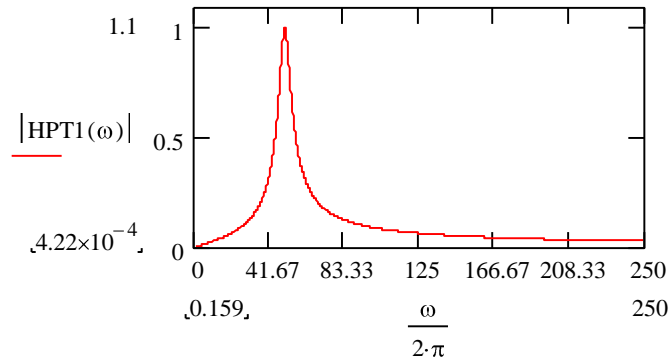


Şekil 16 T1 in İç Yapısı

Yukarıdaki devreyi analog olarak analiz ettiğimizde, T1 in yapısında bir bant geçiren filtre olup bu filtrede R L ve C den oluşmaktadır. Bu değerler sırası ile 2k ohm, 0.84 H ve 12 UF dır. Frekans cevabı da Şekil 18 da görülmektedir. Bu filtreden iki tane ardı ardına kullanılmıştır.



Şekil 17 Bant Geçiren Filtre Yapısı



Şekil 18 Bant Geçiren Filtre Frekans Kazanç Cevabı

Yukarda T1 i veren transfer fonksiyonlar, temel itibariyle aşağıda gsterilen yapıya sahiptir. Bu yapı denklem 7 de matematiksel olarak verilmiştir.

$$H(Z) = Y(Z) / K(Z) = (b_0 + b_1 * Z^{-1} + b_2 * Z^{-2}) / (1 - a_1 * Z^{-1} - a_2 * Z^{-2}) \quad (7)$$

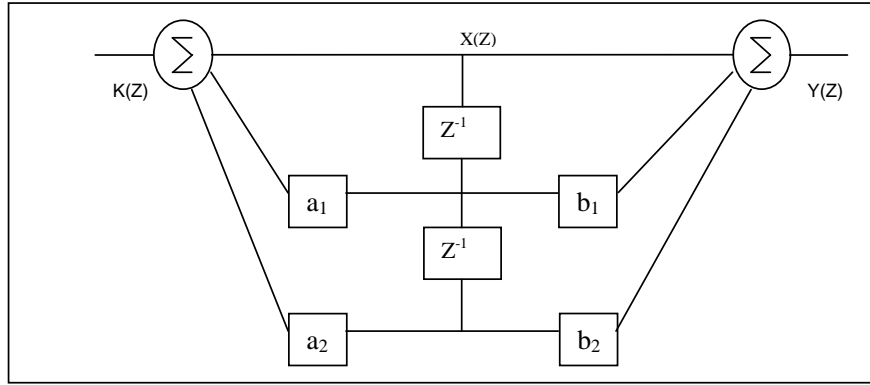
Bu denklemi gerçek zamana uygulamak istersek, denklemin alt ve üstünü X(Z) ile çarpalım neticede aşağıdaki bağıntılar elde edilir.

$$Y(Z) / K(Z) = [(b_0 + b_1 * Z^{-1} + b_2 * Z^{-2}) * X(Z)] / [(1 - a_1 * Z^{-1} - a_2 * Z^{-2}) * X(Z)] \quad (8)$$

$$Y(Z) = (b_0 + b_1 * Z^{-1} + b_2 * Z^{-2}) * X(Z) \quad (9)$$

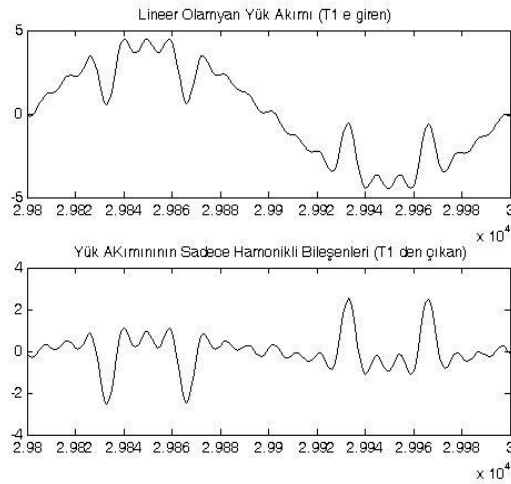
$$K(Z) = (1 - a_1 * Z^{-1} - a_2 * Z^{-2}) * X(Z) \quad (10)$$

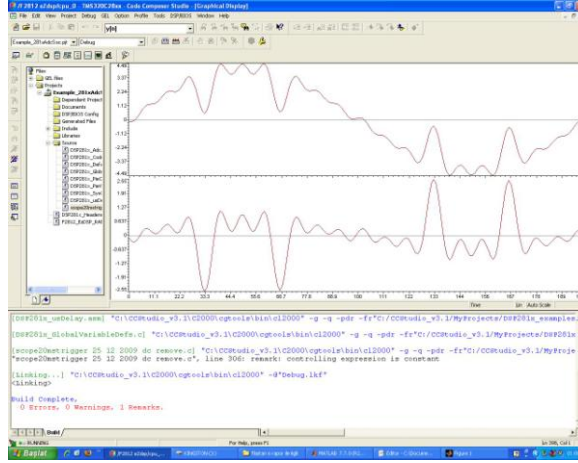
Yukarıdaki denklem 8,9 ve 10 dan hareketle, yapının dijital ortamda nasıl ifade edileceği ise **şekil 19** de gsterilmiştir. T1 i oluşturan ifadenin biquadratik yapısını uyarlırsak. $[a_2 \ b_1 \ b_2 \ b_1]$ katsayıları $[0.97260940821393220504 \ 1.9716358089798302693 \ -1 \ 0]$ şeklinde elde edilmiştir.



şekil 19 Kaskad Yapı

Lineer olmayan harmonikler ieren yük akımı T1 e girmekte ve sadece harmonikli bileşeni çıkartmaktadır. Bu anlatılanları Matlab ve DSP işlemci ye uyguladığımızda elde edeceğimiz sinyallerin eğrileri aşağıdaki gibidir.





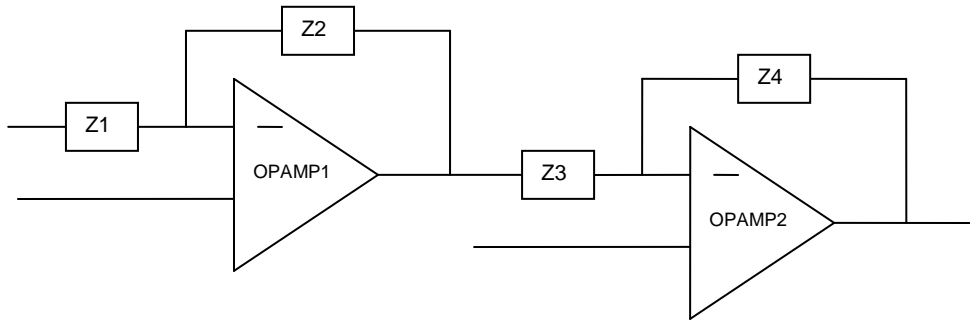
Şekil 20 T1 e Giren ve T1 den Çıkan Sinyallerin Analizi: Matlab (üstte) ve DSP (altta).

T2 ve T5

Denklem 3 ve denklem 6 da verilen ifadeler, Lf reaktörünün üzerindeki harmonikli ve ana bileşenli gerilim düşümdür. Bu gerilim düşümü, LEM firması tarafından üretilen, LV 25P gerilim trafosu ile algılanmakta ve DSP işlemcisinin analog dijital girişine uygulanmaktadır. LV 25P trafosu, ac gerilim ürettiğinden bunu da direk olarak DSP işlemciye veremediğimizden ek bir dalga bindirme devresi tasarlanmıştır.

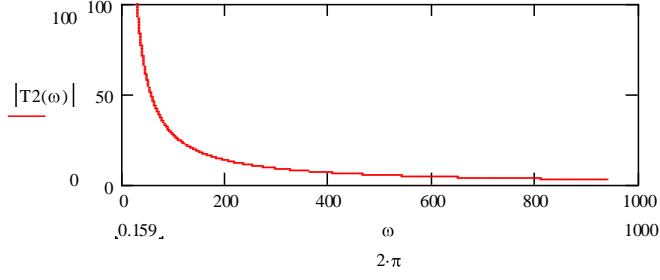
T3

Denklem 4 verilen bağıntı, harmonikli akımın entegralinin alınması ve $-La/(Lf \cdot Cf)$ kazancı ile çarpılmasından ibarettir. T3, ilk önce analog olarak tasarlanıp, PSPICE uygulamalarında kullanılmıştır. Daha sonra bu dijital ortama aktarılmıştır. Analog olarak tasarlanan entegral devresi Şekil 21 de gösterilmiştir.



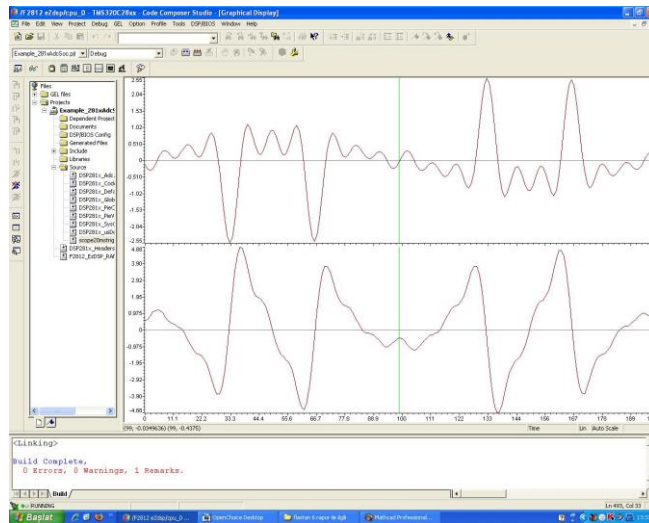
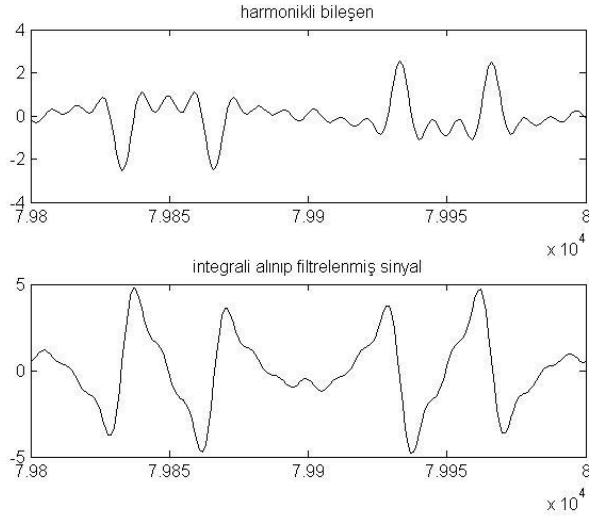
Şekil 21 T2 nin Elektriksel Yapısı

OPAMP1 de yük akımının harmonikli bileşeninin entegrali alınmaktadır. OPAMP2 ile de kazanç ayarı yapılmaktadır. üst Şekilde Z1 Z2 Z3 ve Z4 sırası ile 1k ohm, 0.1U Farad, 10 000 ohm ve $1/cf$ ohm dur. Şekil 22, ise T2 nin frekans cevabını gösterilmektedir.



Şekil 22 T2 nin Frekans Kazanç Cevabı

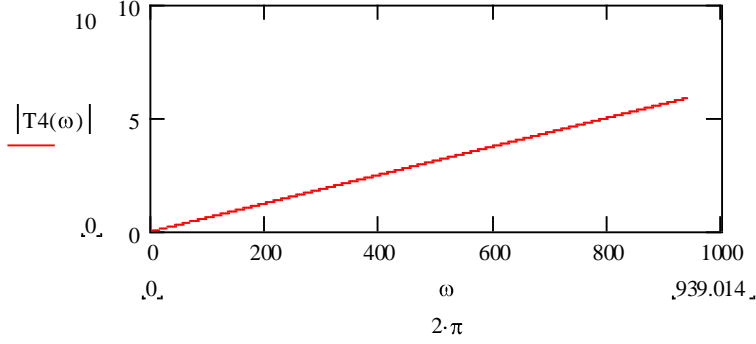
T2 de gösterilen entegratör, trapezoidal yöntemine göre tasarlanarak Matlab ve sonrada DSP işlemciye, differensiyel denklem halinde yazılarak uygulanmıştır. Yine Şekil 12 de gösterilen akım T2 den geçirildiği zaman elde edilen sinyalin Matlab ve DSP çıktıları Şekil 23 de gösterilmiştir. DC ofsetleri yok edebilmek için “sallen key” tipi yüksek geçiren (high pass) filtre tasarlanmış olup [a2 b1 b2 b1] katsayıları [-0.9997778026206792 1.9997750251534376 1 -2] dir. Yine bu katsayılar matematiksel analizler sonucu elde edilmiştir.



Şekil 23 Entegratör Giriş ve Çıktıları: Matlab (üstte) ve DSP (altta).

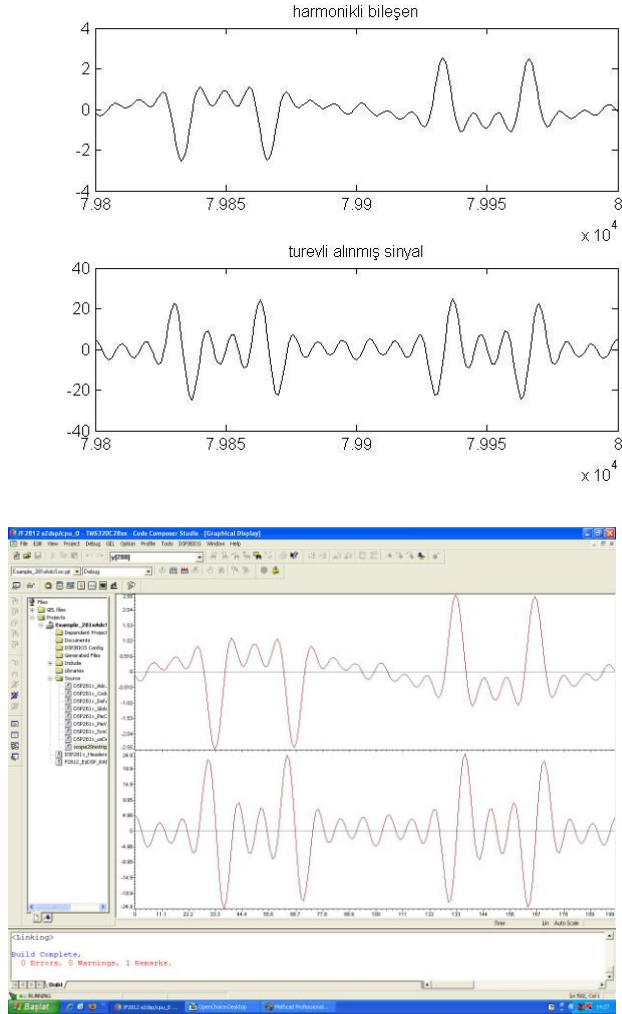
T4

Denklem 5 in elektriksel modeli olup türev alma işlemidir. Şekil 21 deki yapı burada mevcuttur. Z1 Z2 Z3 ve Z4 değerleri sırası ile 0.1UF, 10 000 kohm, 1 ohm ve La ohm dur. Bu analog devrenin kazanç frekans cevabı Şekil 26 de gösterilmiştir.



Şekil 24 T4 Frekans Kazanç Cevabı

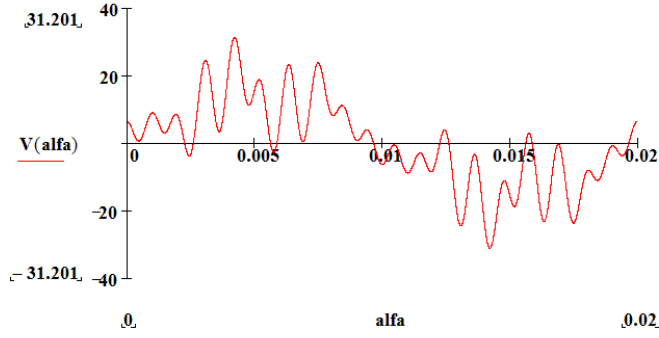
Yukarıda bahsedilen analog devre, dijital ortama taşınmış olup, harmonikli sinyalin türevi Matlab ve DSP işlemci ile de gerçekleştirilmiştir. Şekil 25 de türev işleminin Matlab ve DSP işlemcinin çıktılarını göstermektedir.



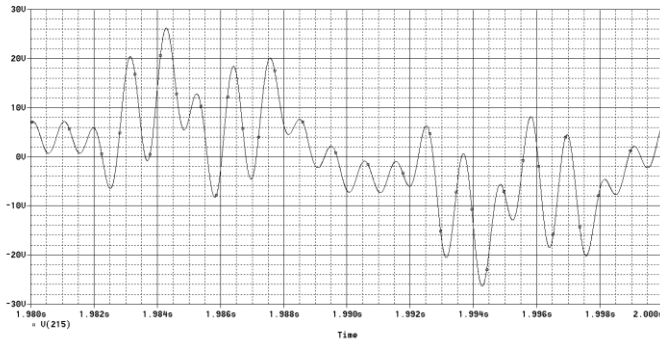
Şekil 25 Türevi Alınan Sinyal ve Türevi: Matlab (üstte) ve DSP işlemci (altta).

EVİRİCİ

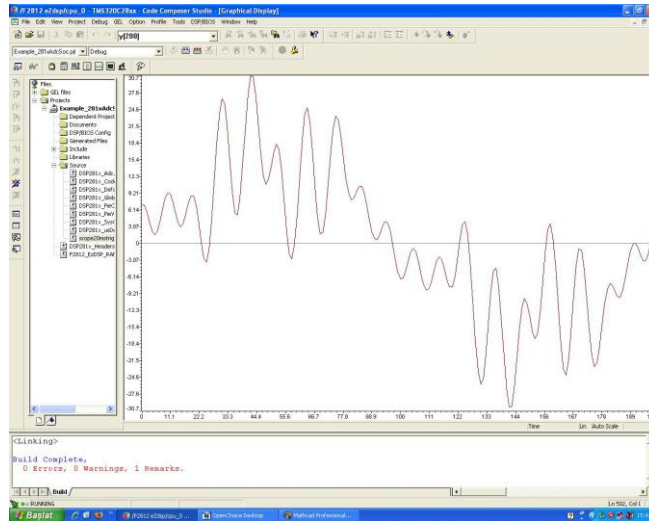
Lineer olmayan yük akımının harmoniklerden arındırılmış olması için, hibrit filtreye bağlı Şekil 8 ve Şekil 9 da gösterilen Vx kaynağının üretmesi gereken gerilim, yukarıda 2 numaralı denklemde verilmiştir. Bu gerilimin zamana göre değişimi Şekil 26, Şekil 27 ve Şekil 28 de gösterilmektedir. Matematiksel, Simulasyon ve DSP analiz sonuçları aynı uyumlu olduğu görülmektedir..



Şekil 26 Mathcad ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim



Şekil 27 PSPICE ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim

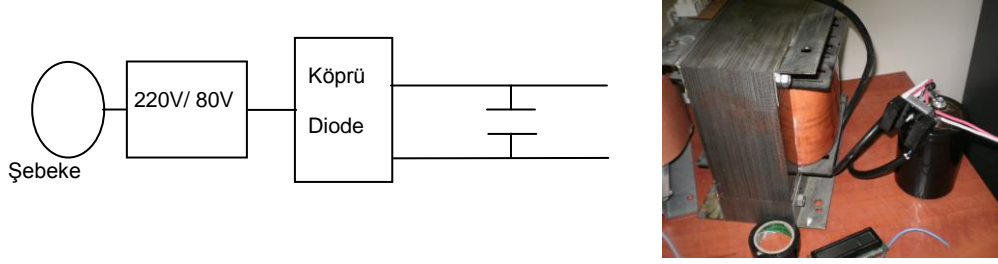


Şekil 28 DSP ile Elde Edilmiş Aktif Kaynağın Üreteceği Gerilim



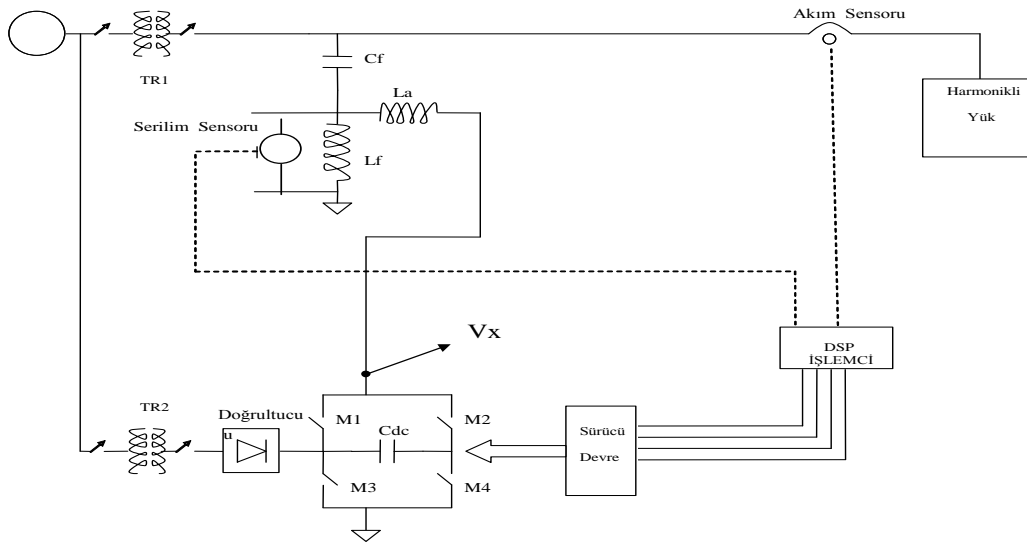
Şekil 29 Evirici Güç ve Sürücü Devresi

Eviricinin bu gerilimi üretebilmesi için DC güç kaynağına ihtiyacı vardır. DC gerilim, Şekil 30 da gösterilen, şebeke gerilimini 220V/80V trafo ile doğrultarak elde edilecektir. Transformatörün ikincil kısmındaki köprü diyotlardan sonra 4700 μ F lık kondansatörle yaklaşık 100 Volt civarında dc gerilim elde edilecektir. Kondansatör başlangıç sarj akımı da (inrush akımı) bu devrede sınırlandırılmıştır.



Şekil 30 Aktif Filtre Güç Devre Modeli ve Uygulamadaki Resmi

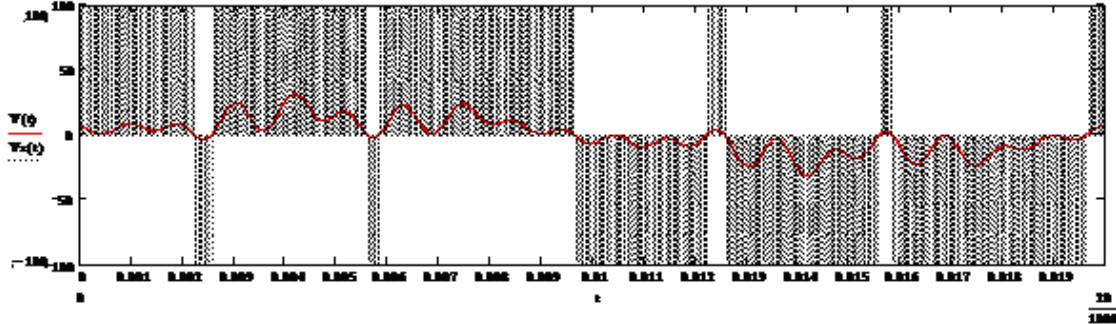
Şekil 31 de DSP işlemcisinden gelen kontrol sinyalleri, optokapılar aracılığıyla M1 M2 M3 ve M4 Mosfetlerini kontrol etmektedir. Mosfetlerin kontrol sinyali, denklem 2 ile 10 kHz lik üçgen dalga (Carrier) nın karşılaştırılması neticesinde elde edilmektedir. Mosfetler, Şekil 31 de gösterilen (La) 3mH lik La bobini üzerinden sisteme bağlanmaktadır. Evirici tek kutuplu topolojide tasarlanmıştır.



Şekil 31 Tasarlanan Sistem

EVİRİCİ KONTROL DEVRESİ

Mathcad ile yapılan matematiksel hesaplamalar sonucunda evirici çıkış geriliminin 20ms lik değerleri Şekil 32 de gösterilmektedir. Şekilde, 10 kHz lik üçgen dalgayla, denklem 2 yi veren gerilimin karşılaştırılması neticesinde darbe modülasyonuna sahip bir gerilim elde edilmiştir.



Şekil 32 Mathcad ile Elde Edilen Tam Periyot İçin Kontrol Sinyali

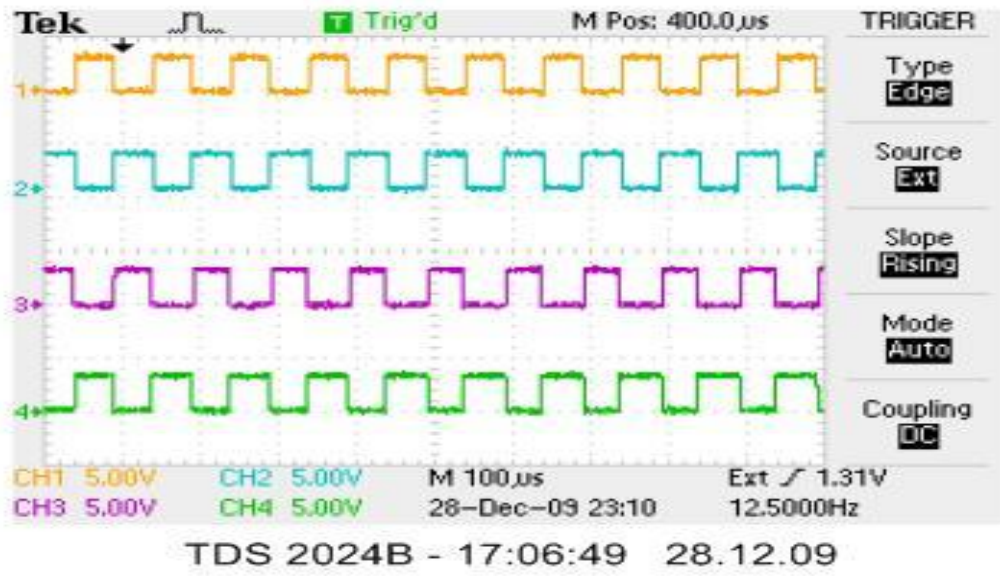
Burada matematiksel olarak yapılan analiz, DSP ye iki basamakta uygulanmıştır: 1-yazılım 2-gerçek. Normal şartlarda LTS 25 NP ve LV 25-P den gelen akım ve gerilim DSP işlemcinin ADC bacaklarına girmektedir. Tasarımı hızlandırmak adına bu bacak girişi “disable” edilip bu akım ve gerilimi oluşturacak denklemler yazılarak tasarım geliştirilmiştir.

DSP “interrupt” ı ADC ye bağlı olmayıp, “Timer1” e bağlanmıştır ve 100usn lik kesmeler uygulamaktadır. DSP işlemci sanki akım ve gerilim algılayıcılarımdan gerçek zamanda alıyormuş gibi işlem yapmaktadır. Bu aşama tamamlandıktan sonra “disable” edilen kısım “enable” yapıp tasarım tamamlanacaktır.

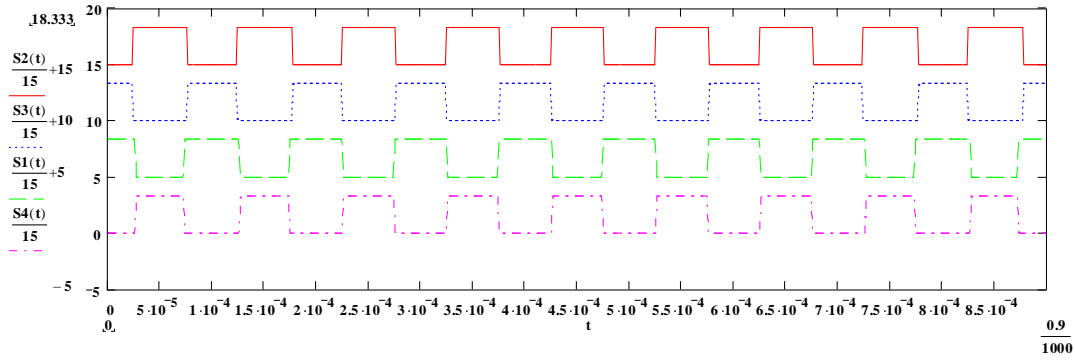
DSP, eviricinin üretmesi gereken gerilimi hesaplamakta ve kontrol sinyallerini üretmektedir. 3 PWM den sadece 2 tanesi kullanılmaktadır. Her bir PWM de iki sinyal vardır. Biri karşılaştırma neticesinde elde edilen, diğeri ise bunun değildir.

DSP den gelen kontrol sinyalleri eviricinin sürücü katındaki 4 adet TLP250 sürücüsüne uygulanır. Bunlarda MOSFET lerin tetiklenmesini sağlarlar. Bu sinyaller, Oscope un “external trigger” özelliğini kullanarak sinüsün 0 dan geçişinde yakalayarak analiz edilmiştir.

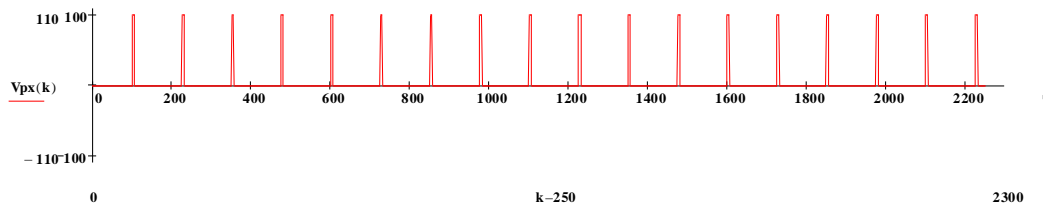
Şekilde ilk 1ms si gözükmemektedir. “Trigger” 100 mikro saniyede bulunmaktadır. Oscope ise 2500 noktayı tam ekranda taramaktadır. 250 inci nokta sinüs eğrisinin ilk değerine ayarlanmıştır ki dalga şeklini analiz yapabilelim. Şekil 33 de DSP çıkış sinyalinin Oscope dan alınan 4 adet kontrol sinyali gözükmemektedir. Şekil 34 de ise Mathcad ile yapılmış matematiksel analiz neticesinde üretilmesi planlanan kontrol sinyallerin gösterilmiştir. Şekil 35 de ise Şekil 33 deki sinyalin data noktalarının Oscope tan alınıp, Mathcad ortamında analizinden elde edilen evirici çıkış gerilimini göstermektedir.



Şekil 33 DSP Kontrol Sinyalleri 1 ms için



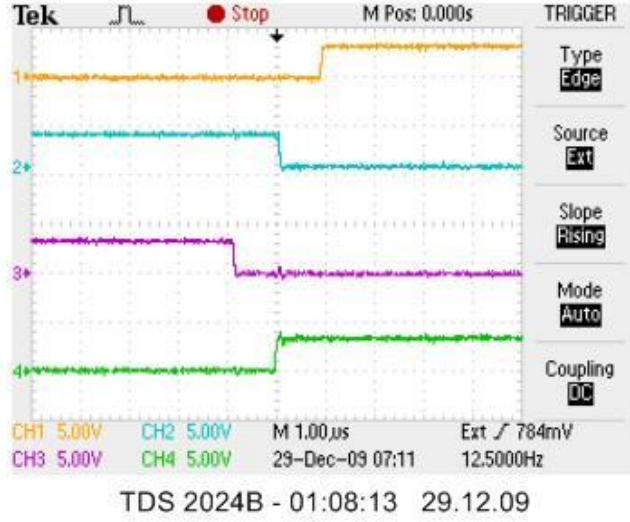
Şekil 34 Mathcad ile elde Edilen Kontrol Sinyali 0.9 ms için



Şekil 35 Evirici Çıkışı 2250 nokta için (0.9ms)

Şekil 33 ve Şekil 34 arasında, anahtarların kapalı olma süreleri arasında birkaç mikro saniyelik fark göstermektedir. Matematiksel olarak, üçgen dalga ve üretilmesi gereken gerilim karşılaştırılıp kontrol sinyali üretilirken, dDSP uygulamasında toplam 2 adet 1 mikro

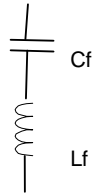
saniyelik ölü zaman yerleştirilmiştir. Bu ölü zaman, yarı iletken anahtarların, dc güç kaynağı üzerinden kısa devre olmasını engellemek amaçlıdır. Bu 1us lik gecikme Şekil 36 da görülmektedir.



Şekil 36 MOSFET ler İçin Ölü Zaman: DSP Oscope Çıktısı

PASİF FİLTRE

Hibrit filtre, hem aktif bileşenden hem de pasif bileşenden oluşmaktadır. Şekil 37 da, pasif filtre 5. harmonik için ayarlanmıştır. Cf ve Lf sırası ile 66,66 μ F ve 6,95 mH olarak belirlenmiştir. Cf nin değeri standart değer seçilmiş olup Lf ise 6,95mH hesaplanmış ve tasarlanmıştır.



Şekil 37 Pasif Filtre ve Resmi

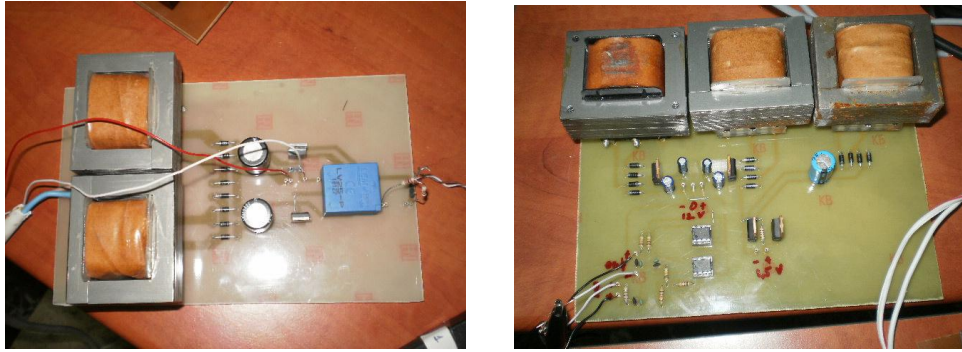
AKIM VE GERİLİM TRANSFORMATÖRÜ

Yük akımın algılamak için LTS 25NP akım transformatörü kullanılmaktadır Bu akım transformatörü çıkışta 2.5V dc üzerine, +/- 0.625 volt vermektedir. Kullanılan akım transformatörü DSP uyumludur.

Pasif filtre bobinine paralel bağlanan LV 25-P gerilim transformatörü ile denklem 3 ve 6 elde edilmiştir. Buna ait devre düzeneği Şekil 39 de gösterilmiştir. LV 25-P gerilim transformatör devresi çıkış sinyalini DSP işlemcisine uyarlamak için, 1.5 Volt luk dalga bindirme devresi tasarlanmıştır.



Şekil 38 LTS25NP Akım Trafosu



Şekil 39 LV 25-P Gerilim Transformatörü (solda) ve Bindirme Devresi (sağda)

SONUÇ

Tasarlanan sistem 36+5 aylık bir takvime sahip olup her altı ayda yapılanlar aşağıda kısaca özetlenmiş olup ve şu an itibarıyla çözülmesi gereken problemler ve çözümünü için izlenecek yollar da bu bölümde tartışılmıştır.

İlk gelişme takviminde, hibrit filtrenin matematiksel ve elektriksel modellenmesinin yanında pasif filtre elemanlarını seçimi ve hibrit filtrenin *ideal yük ve ideal akım kaynağı kullanarak* simülasyon ortamındaki analizi yapılmıştır.

İkinci gelişme takviminde, laboratuvar ortamında lineer olmayan ve 3 numaralı harmonik içermeyen yükün nasıl üretileceği ve ilk gelişme rapordaki sunulan hibrit filtredeki ideal akım kaynağının nasıl bir fiziksel yapıda olacağı ve bu kaynağın enerji üretiminin kontrolü nasıl olacağı konuları kısmen açıklık kazanmıştır.

Üçüncü gelişme raporu takviminde, hibrit filtre güç kaynağının tasarımı, bu kaynağı oluşturacak modüllerin tasarımı ve analizi yapılmıştır. Tasarlanan kaynak ile birlikte hibrit filtrenin matematiksel ve simülasyon ortamında analizi yapılmıştır. Hibrit filtre "ideal güç kaynağı" bu dönemde, kontrol ünitesiyle beraber pratikteki gibi MOSFET lerin tetiklenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu dönem çalışmalarına ek olarak, gelecek dönem çalışması olan, lineer olmayan yükün devresinin simülasyon ve yazılım çalışmaları yapılmıştır.

Dördüncü gelişme raporu takviminde, projede kurulacak sistemi nasıl ve hangi malzemelere gerçekleştireceğimin cevabı netlik kazanmıştır. Bunu yaparken 1-) piyasadaki bulunabilecek malzemelere 2) malzemeler üzerindeki akıma gerilime ve frekansa dikkat edilmiştir. Daha önce ideal ortamda üretilen harmonikli yük yerine, laboratuvar ortamında

uygulanabilecek yük çalışmaya modife edilmiştir ve sistem tekrar analiz edilmiştir. Bunların yanında yük devresinin kontrol kısmı tamamlanmış olup sadece alacağımız uygun yarı iletken anahtarlar, prototipte kullanılan ile değiştirilecektir.

Besinci gelişme raporu takviminde, üç turlu çalışma yapılmıştır. 1- Malzeme ve teçhizat alımı 2- kontrol devresindeki modülleri analog yerine dijital olarak tasarlanmıştır ve 3-Dijital program yazınımı. Besinci dönemde, malzeme alımları tamamlanmıştır. Kontrol devresindeki analog devrelerin dijital ortama tasarlanmıştır. Yazınimler bitmemiştir.

Altıncı ve son dönemde LV 25-P gerilim trafosu ve LTS 25 NP devresi DSP ye uyarlanmıştır. LV 25-P devresi AC sinyal ürettiği için, ölçülen değere 1.5 Volt dc bindirme devresi tasarlanmıştır. Şekil 29 da gösterilen, evirici güç ve sürücü katı bitmiştir. DC güç kaynağı tamamlanmıştır.

DSP için yazılan tüm programlar, Matlab de yazılmış ve analiz edildikten sonra DSP de uygulanmıştır. Dijital yazılması gereken tüm yazılımlar tamamlanmıştır. Eviricinin üretmesi gereken gerilim DSP de elde edilmiştir. DSP işlemci 10 kHzlik üçgen dalga üretmiş ve bu üçgen dalgayı, üretilmesi gereken gerilimle karşılaştırma yaparak, PWM sinyalleri elde edilmiştir. Eviricide bulunan 4 MOSFET için 4 adet PWM çıkış sinyali elde edilmiştir. Evirici de bulunan MOSFET ler aynı anda devre girmemesi yani kısa devre olmaması için 1 mikro saniyelik ölü zaman yerleştirilmiştir.

Son dönemde birkaç problem çıkmıştır örneğin yük devresinde sıfır algılama şebeke frekansı çok değiştiğinden simetrik olmayan yük akımı meydana gelmekte idi. Bu yazınım ile daha çözümlendi. LV 25-P devresine bindirme devresi yapımında problem yaşanmış olup başarı ile tamamlanmıştır. Binamızda var olan harmonikler, pasif filtremiz üzerinden devresini tamamlamaktadır. Bunu önlemek için sisteme seri reaktör bağlanarak, kontrolsüz harmonik girişi sınırlandırılmıştır. (az da olsa halen mevcuttur)

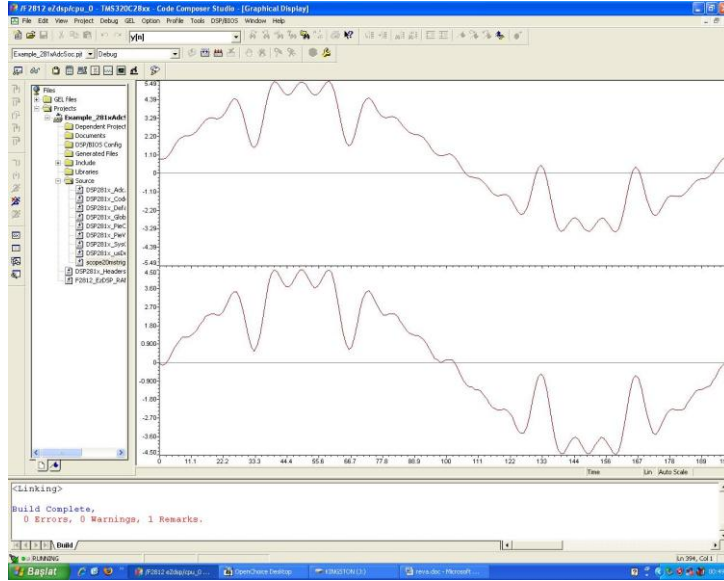
İki temel problemin çözümü için halen uğraşmaktadır. Bunlardan birici LV 25-P gerilim transformatörü ile ilgilidir. Normal çalışma performansında bir problem gözlemlenmemiştir. Düşük şebeke gerilimi ve sinyal jeneratörü ile ölçümler yapılmıştır bir probleme rastlanmamıştır. Fakat bu LV 25-P nin, bağlı olması gereken Lf reaktörüne paralel bağlandığı zaman, primer ve sekonder gerilimler arasında farklılıklar vardır. Bunun çözülmesi gerekmektedir.

İkinci problem ise LTS25NP ve LV 25-P den gelen dc ofsettir. DSP nin ADC sine gelen bu sinyaller 0-3 Volt aralığındadır. DSP de, bu ADC den gelen bilgileri işlemektedir. Bu sinyal işleme iki basamakta yapıldı.

Birinci basamakta DSP ye girecek akım ve gerilim şekilleri matematiksel olarak bilindiği için (genlik ve açıları), sanki ADC giriliyormuş gibi yazınım yapıp tasarım tamamlandı. Burada dc ofset kullanılmadı ve evirici kontrol sinyalleri ve eviricinin üreteceği gerilim yukarıda gösterildiği gibi tam bir ahenk içinde, diğerleri ile uyumlu bir şekilde çıktı.

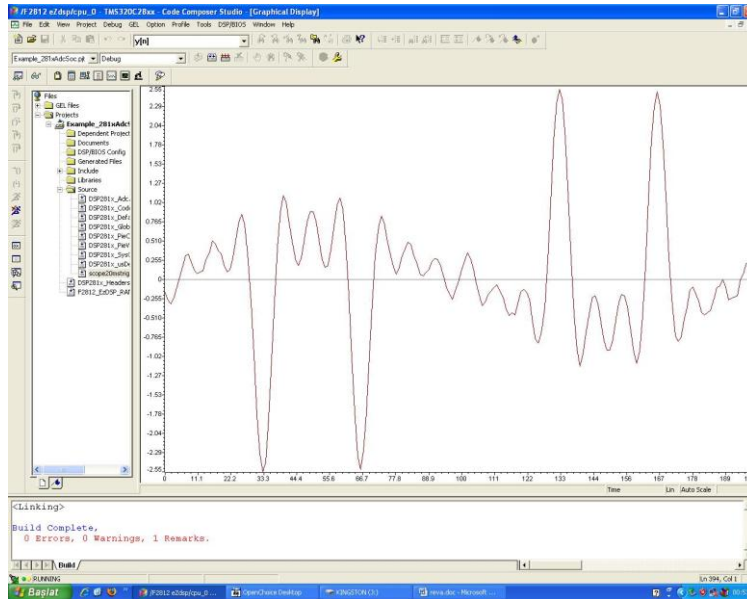
LTS25NP ve LV 25-P den 0-3 volt arası dc ofsetli gerilim geldiği için yüksek geçiren filtreler uygulandı. Bu problemi analiz etmek için akım sinyaline 1 Amperlik dc ofset eklendi. Matlab ortamında bu dc ofset analiz edildi ve başarılı bir şekilde sonuç alındı.

Bundan sonraki basamak ise DSP ye uygulamaktı. DC ofsetli akım, ilk önce DSP de oluşturuldu ve Şekil 40 da harmonikli ve dc ofsetli yük akımını ve bunun filtre edilmiş halini görmekteyiz. Şekilde görüldüğü gibi yüksek geçiren fitre işlevini yapmaktadır.



Şekil 40 DC Ofset İçeren Yük Akım (üstte) ve Yüksek Geçiren Fitre İle Yok Edilmiş Hali (altta)

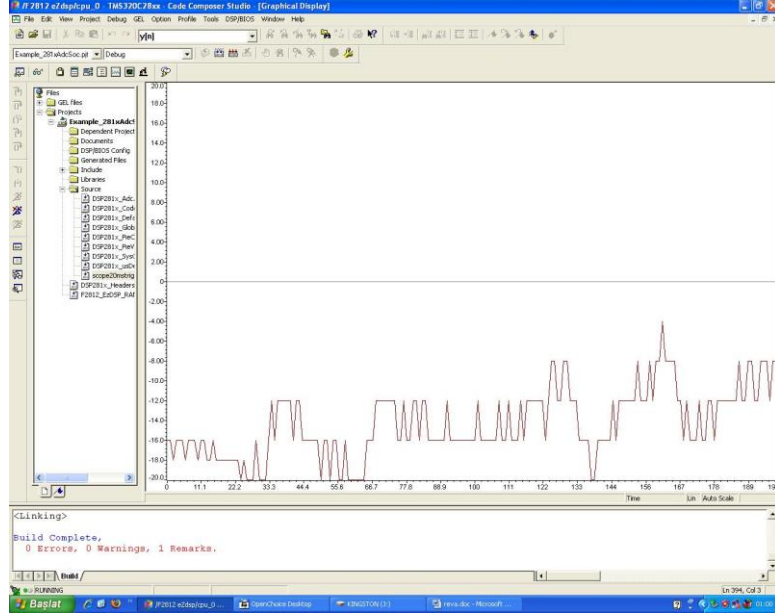
Daha sonra bu akım T1 iden geçtikten sonra, sadece akımın harmonikli kısmı elde edilmiştir. Bu noktada da problem görülmemiştir. Önceki elde edilen ve Şekil 20 de gösterilen sinyallerden farkı yoktur.



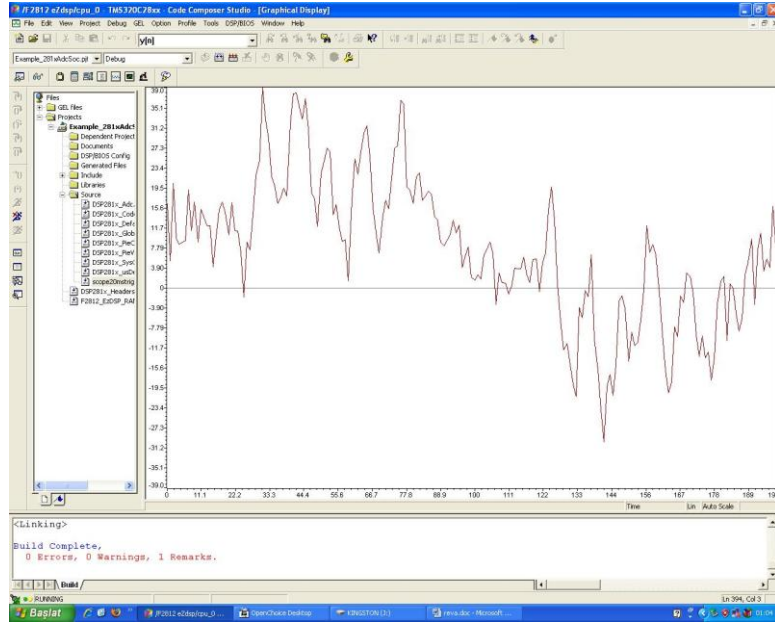
Şekil 41 Akımın Harmonikli Bileşeni

Fakat, entegratör çıkışında bu uyum görülmemektedir. Şekil 23 de verilen entegratör çıkışı yerine, Şekil 42 deki sinyal elde edilmektedir. Entegratörden çıkan harmonikli bileşen problemin kaynağıdır. Şekil 43 de elde ise eviricinin üreteceği gerilimi vermektedir. Hâlbuki bu gerilimin böyle olmadığı açıktır. Bu durum, dolayısıyla da kontrol sinyallerini etkilemektedir.

Bunu aşabilmek için birkaç türlü yüksek geçiren farklı devre tasarlanıp dijital ortama taşınsa da çözüm olmamıştır. Literatürde bulduğum C. C. Tseng' in IEE de yayınlanmış olduğu "Digital integrator design using Simpson rule and fraction delay filter" başlıklı makalesini uyguladığımda da farklı bir sonuç elde edilmemiştir. Yazılımla, yüksek geçiren filtreden sonra, olası dc ofsetleri yok etmek için, bit kaydırmak yöntemiyle çok küçük rakamlar yok edilmiştir yine sonuç alınamamıştır.



Şekil 42 Entegratörden Çıkan Sinyal



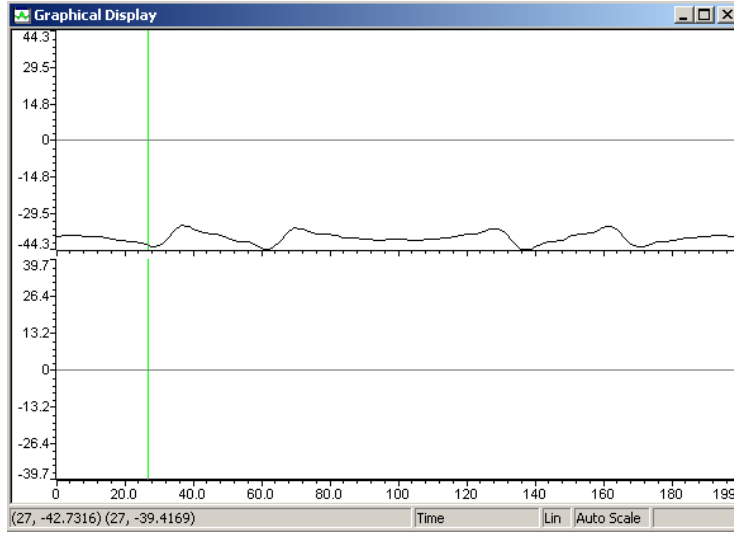
Şekil 43 Eviricinin Üreteceği Gerilim

Akım ve gerilimdeki dc ofsetin yarattığı problem ile LV 25-P transformatörü uygulamasındaki problem çözümlenseydi evirici devreye alınacaktı. Tasarlanan birimlerin kontrol ve ölçümleri tamamlanmış olup bu iki zorluktan dolayı sistem tam bir şekilde devreye alınmamıştır. Fakat dc ofsetsiz olduğu takdirde

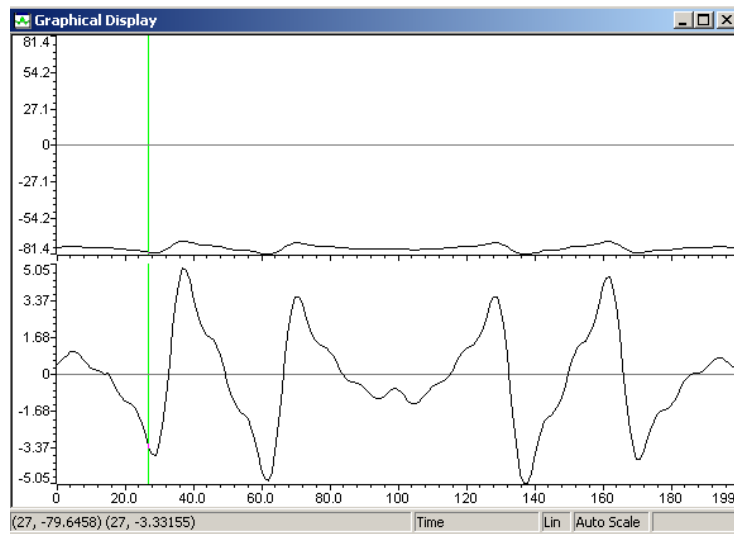
Vx gerilimi üretilmiştir. Bunun direk sisteme bağlanması mantıklı olmayacağına bu iki problemin çözümü son raporun süre bitimine kadar bulunamamış idi.

Son raporda bu problemlerin çözümü için bazı çözümler önerilmişti. Verilen ek süre ile bu çözümler üzerinde çalışılmıştır. Raporun revizyonunun istendiği bu kısa zaman diliminde proje yürütücüsünün kurum değişikliği olmuştur. Bundan dolayı, projede kullanılan demirbaşların aktarılmasının uzun sürmesi bu çalışmanın sıhhatli yürütülememesine sebep olmuştur.

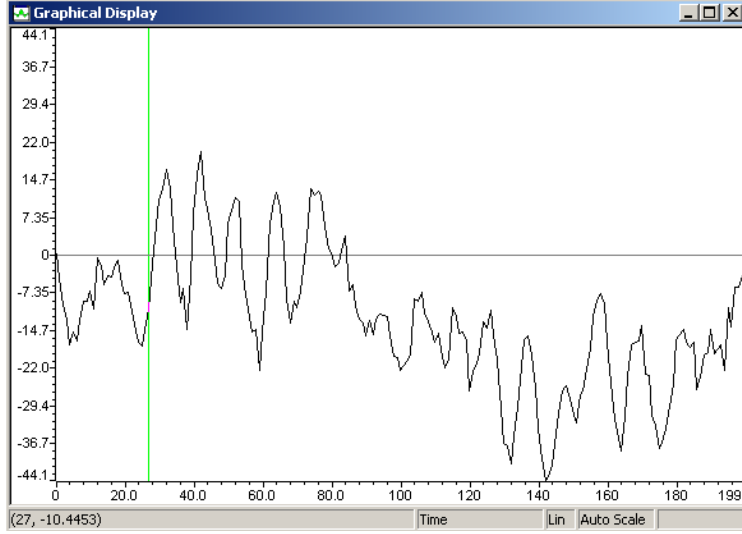
Projenin, önemli problemi olan dc ofset in yok edilmesi üzerinde bir kaç farklı yaklaşımlar kullanıldı. Birinci olarak, periyodik olarak akım sinyalinin ortalaması alındı ve bir sonraki periyottan çıkarıldı. Bu yöntem ile dc ofset belli bir limitin içinde tutulmak istendi. 20 ms lik periyotlarda entegral çıkış sinyalinin ortalaması, bir sonra gelecek olan datadan çıkarıldı. Şekil 44 de, entegral çıkış sinyali ve bunun dc bileşeni gösterilmektedir. Şekil 45 de ise entegratör çıkış sinyali ve bu sinyalden bir önceki periyoda ait ortalama dc değerin çıkarılmış halini gösterilmektedir. Bunun neticesinde sinyalin dc ofseti kısmen giderilmiş olup tamamen giderilememiştir. Buna bağlı olarak evirici çıkış sinyali olması gereken ve Şekil 28 de gösterilenden farklı olarak elde edilmiş olup buda farklı zaman noktaları için Şekil 46 ve Şekil 47 de gösterilmiştir.



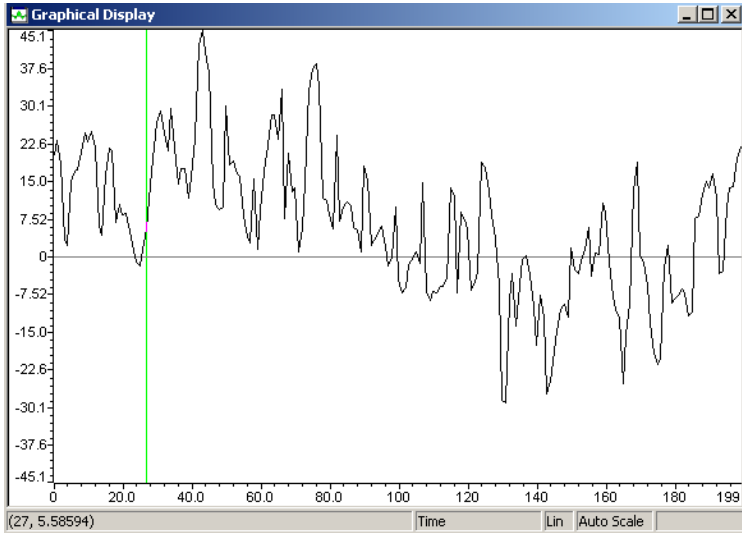
Şekil 44 Entegratör Çıkışı (üstte) ve Dc Ofset Bileşeni (altta)



Şekil 45 Entegratör Çıkışı (üstte) ve Dc Ofset Bileşenden Çıkarılmış Durumu (altta)

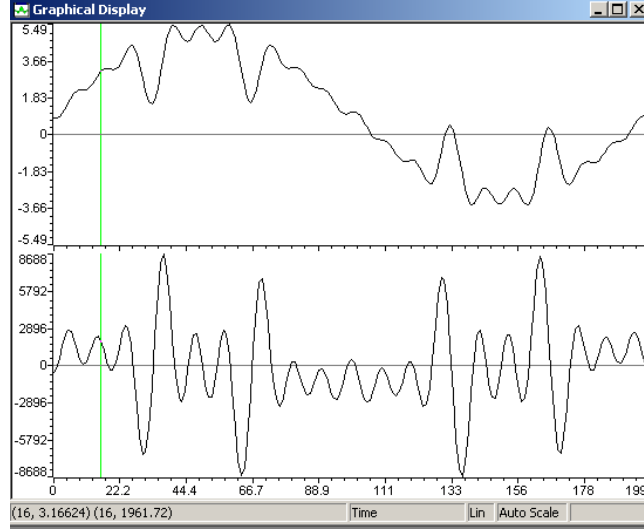


Şekil 46 Eviricinin Üreteceği Gerilim

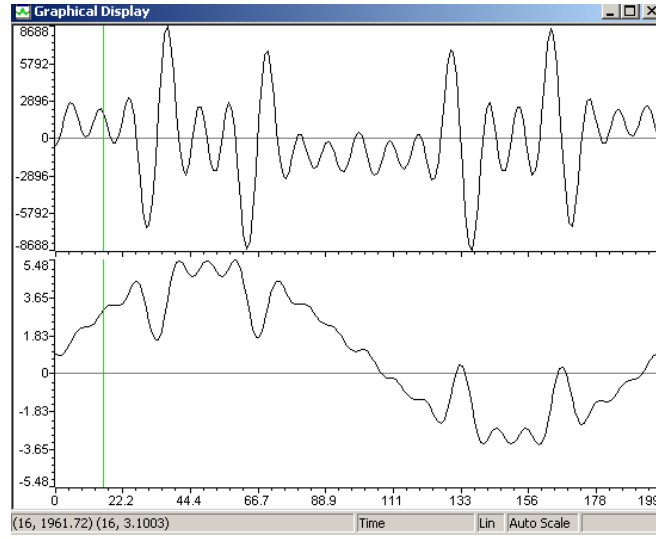


Şekil 47 Eviricinin Üreteceği Gerilim

Dc ofseti yok edebilmek için, bir farklı yöntem daha kullanıldı. LEM lerden gelen akım ve gerilimin türevi alınıp dc ofset yok edildi ve daha sonra entegrali alınarak çözüm arandı. Burada da entegral alınırken ilk değer yine dc ofset olarak sistemde gözlemlendi. Şekil 48 de LEM çıkışındaki dc offset bileşenli akım üstte ve bu akımın türevi alınmış halinde altta gösterilmiştir. Şekil 49 de ise Şekil 48 de alta verilen türevi alınmış sinyali ve bunun entegratörden geçirildikten sonraki durumunun göstermektedir. Bu işlem farklı frekanslarda ve dc ofsetlerde denemiştir fakat dc ofset yok edilememiştir.

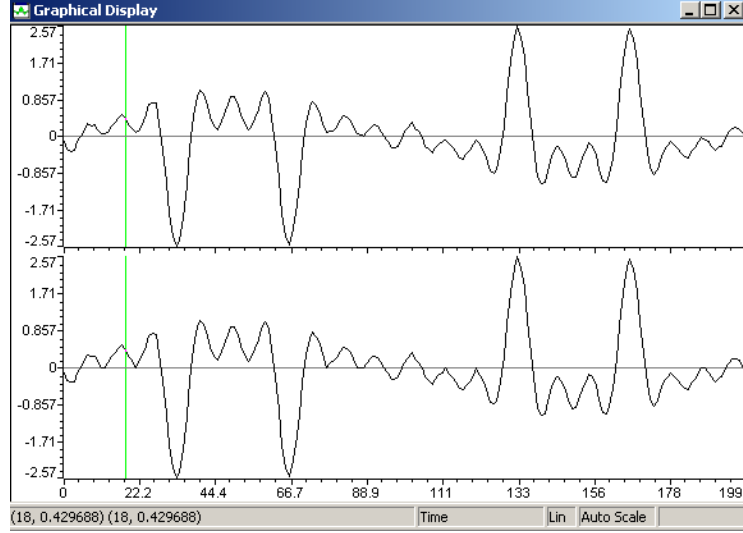


Şekil 48 LEM Çıkışındaki DC Ofsetli Akım (üstte) ve Türevinin Alınmış Akım (altta)

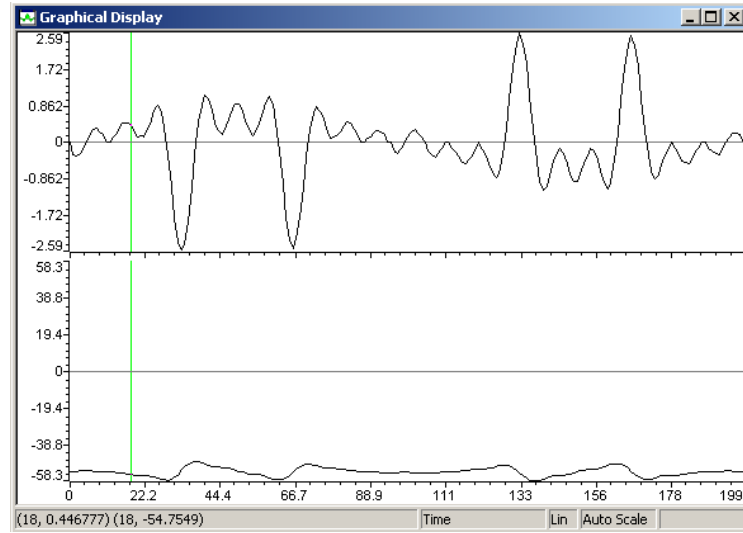


Şekil 49 Türevi Alınmış (üstte) ve Entegrali Alınmış Akımın (altta)

Farklı bir yöntemle ise dc ofsetin yok edebilmek için harmonikli akımın +/- 0.1 amperden küçük değerleri ihmal edilip, harmonikli sinyal modife edilmiştir. Şekil 50 da harmonikli akım ve modife edilmiş akım gösterilmiştir. Şekil 51 de ise entegratörün çıkışında elde edilen akım gözükmetedir. Bu sinyalde dc bileşen mevcut olup zamanla artmakta ve sistemi doyuma götürmektedir.



Şekil 50 Harmonikli Akım (üstte) ve Modife Edilmiş Hali (altta)



Şekil 51 Modife Edilmiş Akım (üstte) ve Entegratör Çıkışı (altta)

Sonuç olarak, dc ofset problemi üzerinde halen çalışılmaktadır. Bunun aşılması içinde ulusal ve uluslararası sempozyumlar ve sinyal işlemenin tartışıldığı ortamlarda gündeme getirilecektir. .

Normal şartlarda LEM lerden gelen akım ve gerilim bilgisi dc ofset siz olsa idi raporda da gösterildiği üzere sistem çalışır durumdadır. Yarı iletkenleri tetikleyecek kontrol sinyali fiziksel üretilmiştir.

Sadece yazılım ile dc ofset problemi çözüldükten sonra sistem tamamlanacaktır. Tamamlandıktan sonra yayın haline getirilip TUBİTAK in desteği belirtilecektir. Hali hazırdaki altyapı itibarıyla projenin tamamlanmaması için hiç bir sebep yoktur. Son hali bir ürün olacak olan bu hibrit filtre için yurt içi üretim yapacak firma araştırılacaktır.

REFERANSLAR

- [1] Mahmoud Aly A. "Power System Harmonics: An Assesment" IEEE Tutorial Course 84 EHO221-2-PWR sayfa1-8

- [2] Gyugyi L. and Strycula E. C. "Active AC Power Filtler" IAS 76 ANNUAL sayfa 529-535
- [3] Akagi Hifofumi "Trends in Active Power Line Conditioners" IEEE Transaction on Power Electronics, Vol. 9, No 3, May 1994
- [4] Fujita Hideaki ve Akagi Hifofumi "Combined System of Series Active Filtler and Shunt Passive Filtler – An Optimum Design of Shunt Passive Filtler" Electrical Engineering in Japan, Vol. 113, No 2, Feb 1993, sayfa 127-135
- [5] Akagi Hifofumi ve Fujita Hideaki, "A New Power Line Conditioner for Harmonic Compensation in Power System", IEEE Trnas. On Power Delivery, Vol. 10, No 3, 1994, sayfa 1570-1575
- [6] Srianthumrong S. ve Akagi Hifofumi, "A DC Model for Transient Analysis of a Series Active Filtler With a Double-Series diyote Rectifier" IEEE Trnas. On Industry Application, Vol. 39, No 3, May/June (Mayıs/Haziran) 2003 sayfa 864-873
- [7] Fujita Hideaki ve Akagi Hifofumi, "The Unified Power Quality Conditioner: The Integration of Series and Shunt Active Filters", IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 13, No 2, March (Mart) 1998, sayfa 315-322.
- [8] Srianthumrong S., Tamal Yasuhiro ve Akagi Hifofumi, "A Proposal of a 3.3-kV/6.6kV Trnasformerless Hybrit Filtler, and Experimental Verification Based on a 200 V Laboratory System", "Electrical Engineering in Japan, Vol. 146, No 2, Feb. (Şubat) 2004, sayfa 54-65.
- [9] Srianthumrong S. ve Akagi Hifofumi, "A Medium-Voltage Transformless AC/DC Power Conversion System Consisting of a Diode Rectifier and a Shunt Hybrid Filtler", IEEE Trnas. On Industry Application, Vol. 39, No 3, May/June (Mayıs/Haziran) 2003 sayfa 874-882
- [10] Fujita H., Yamasaki T, ve Akagi Hifofumi, "A Hybrit Active Filtler for Damping of Harmonic Resonant in Industrial Power System", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 15, No 2, March (Mart) 2000, sayfa 215-222
- [11] Cheng Po-Tai, Bhattacharya S., ve Divan M. Deepak, "Hybrid Solutions for Improving Passive Filtler Performance In High Power Applications", IEEE Trnas. On Industry Applications, Vol. 33, No 3, May/June (Mayıs/Haziran) 1997 sayfa 732-947
- [12] Cheng Po-Tai, Bhattacharya S., ve Divan M. Deepak, "Control of Square-Wave Inverters in High Hybrit Active Filtler System", IEEE 1996, sayfa 1106-1113
- [13] Cheng Po-Tai, Bhattacharya S., ve Divan M. Deepak, "Line Harmonics Reduction in Hihg Power Systems Using Square-Wave Inverters-Based Dominant Harmonic Active Filtler", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 14, No 2, March (Mart) 1999, sayfa 265-272.
- [14] Hamadi, Abdelhamid; Mendalek, Nassar; Al-Haddad, Kamal Rahmani, Salem, "A new control technique for three-phase shunt hybrid power filtler", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, v 56, n 8, p 2904-2915, 2009.